

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



REC'D 11 SEP 2000
WIPO PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

EP 00 / 06879

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

4

Aktenzeichen: 199 33 571.0

Anmeldetag: 22. Juli 1999

Anmelder/Inhaber: Merck Patent GmbH, Darmstadt/DE

Bezeichnung: Flüssigkristallschaltelelement und Flüssigkristalldarstellungseinrichtung

IPC: G 02 F, G 09 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 4. Juli 2000

Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Nieto

**Merck Patent Gesellschaft
mit beschränkter Haftung**

64271 - D a r m s t a d t

**Flüssigkristallschaltelement
und
Flüssigkristalldarstellungseinrichtung**

Flüssigkristallschaltelement und Flüssigkristalldarstellungseinrichtung

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelement, 5 umfassend eine Flüssigkristallschicht, die eine Ausgangsorientierung aufweist, bei der die Flüssigkristallmoleküle im wesentlichen parallel zu den Substraten und im wesentlichen parallel zueinander orientiert sind, in welcher die Umorientierung der Flüssigkristalle aus ihrer im wesentlichen zu den Substraten parallelen Ausgangsorientierung durch ein entsprechendes elektrisches Feld hervorgerufen wird, welches im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit negativer dielektrischer Anisotropie im wesentlichen parallel zu den Substraten und im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit 10 positiver dielektrischer Anisotropie im wesentlichen senkrecht zu den Substraten orientiert ist, wobei die Flüssigkristallschicht eine extrem niedrige optische Verzögerung $d \cdot \Delta n$ im Bereich von $0.06 \mu\text{m}$ bis $0.43 \mu\text{m}$ aufweist und das Flüssigkristallschaltelement bevorzugt zusätzlich zur Flüssigkristallschicht eine weitere doppelbrechende Schicht und zwar bevorzugt eine $\lambda/4$ -Schicht oder zwei $\lambda/4$ -Schichten oder eine $\lambda/2$ -Schicht enthält, sowie Flüssigkristallanzeigesysteme enthaltend derartige Flüssigkristall- 15 schaltelemente.

20

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind weiterhin Flüssigkristallmedien, insbesondere mit kleiner Doppelbrechung, zur Verwendung in den Flüssigkristallanzeigesystemen. Diese, die Flüssigkristallschaltelemente enthaltenden Flüssigkristallanzeigesysteme sind unter anderem Bildschirme von Fernsehgeräten, Computern, wie z.B. „Notebook“-Computern oder „Desktop“-Computern, Schaltzentralen und von anderen Geräten, z.B. Glücksspielgeräten, elektrooptische Anzeigen, wie Anzeigen von Uhren, Taschenrechnern, elektronischen (Taschen)-spielen, tragbaren Daten- 25 speichern, wie PDAs (personal digital assistants).

Insbesondere sind die erfindungsgemäßen Flüssigkristallanzeigesysteme für Anwendungen mit Darstellung von Graustufen gut geeignet, wie z. B. Fernsehgeräte, Computermonitore und Multimediageräte. Hierbei ist so- 30 wohl ein netzunabhängiger Betrieb als auch der Betrieb am Spannungsnetz möglich. Der Netzbetrieb ist oft bevorzugt.

Diese Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen werden auch als Flüssigkristalldisplays bezeichnet.

5 Die typischerweise in solchen Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen verwendeten Flüssigkristallschaltelemente sind die bekannten TN (twisted nematic) Schaltelemente, z. B. nach Schadt, M. und Helfrich, W. Appl. Phys. Lett. **18**, S. 127 ff (1974) und insbesondere in ihrer speziellen Form mit kleiner optischer Verzögerung $d \cdot \Delta n$ im Bereich von 150 nm bis 600 nm gemäß DE 30 22 818, STN (super twisted nematic) Schaltelemente wie z. B. nach GB 2 123 163, Waters, C. M., Brimmel, V, and Raynes, E. Proc. 3rd Int. Display Research Conference, Kobe 1983, S. 396 ff und Proc. SID 10 **25/4**, S. 261 ff, 1984, Scheffer, T. J. und Nehring, J. Appl. Phys. Lett. **45**, S. 1021 ff, 1984 und J. Appl. Phys. **58**, S. 3022 ff, 1985, DE 34 31 871, DE 36 08 911 und EP 0 260 450; IPS (in-plane switching) Schaltelemente, wie z. B. in DE 40 00 451 und EP 0 588 568 beschrieben und VAN (vertically aligned nematic) Schaltelemente, wie z. B. beschrieben in Tanaka, Y. et al. Taniguchi, Y., Sasaki, T., Takeda, A., Kōibe, Y. and Okamoto, K. SID 99 Digest S. 206 ff (1999), Koma, N., Nōritake, K., Kawabe, M., and Yoneda, K., International Display Workshop (IDW)'97 S. 789 ff (1997) und Kim, K.H., Lee, K., Park, S.B., Song, J.K., Kim, S., and Suk, J.H., Asia Display 98, S. 383 ff, (1998).

15

20

25

Bei diesen bisher bekannten und bereits größtenteils kommerziell verfügbaren Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen ist das optische Erscheinungsbild zumindest für anspruchsvolle Anwendungen nicht ausreichend. Insbesondere der Kontrast, speziell bei farbigen Darstellungen, die Helligkeit, die Farbsättigung und die Blickwinkelabhängigkeit dieser Größen sind deutlich verbessерungsfähig und müssen verbessert werden, wenn die

30 Darstellungseinrichtungen mit den Leistungsmerkmalen der weitverbreiteten CRTs (Kathodenstrahlröhren, cathode ray tubes) konkurrieren sollen. Weitere Nachteile der Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen sind oft ihre mangelnde räumliche Auflösung und unzureichende Schaltzeiten, insbesondere bei STN-Schaltelementen, aber auch bei TN-Schaltelementen

35 oder IPS („in-Plane switching“)- und VAN (vertically aligned nematic“)- Schaltelementen, bei den letzteren insbesonders wenn diese zur Wieder-

gabe von Video verwender werden solle wie etwa bei Multimediaanwendungen auf Computerbildschirmen oder Bei Fernsehern. Hierzu besonders, aber bereits für die Anzeige schneller Cursorbewegungen, sind kleine Schaltzeiten, bevorzugt von weniger als 32 ms, erwünscht.

5

Die Anforderungen an die Blickwinkelabhängigkeit der Kontrasts hängen stark von der Anwendung der Darstellungseinrichtungen ab. So ist beispielsweise bei Fernsehbildschirmen und Computemonitoren der horizontale Blickwinkelbereich am wichtigsten, wohingegen bei andern Anwendungen zentrosymmetrische oder zumindestens nahezu zentrosymmetrische Blickwinkelverteilungen erwünscht sind. Anzeigen mit nahezu zentrosymmetrischen Blickwinkelverteilungen werden insbesondere bei Projektionsanzeigen benötigt um die optischen Apperturen möglichst gut auszunutzen, aber auch bei Computerbildschirmen mit sogenannter „swivel-base“. Diese Bildschirme erlauben die Anzeige um 90° zu kippen um unter Beibehaltung der Auflösung der Anzeige von Hochformat („portait mode“) zu Breitformat („landscape mode“) zu wechseln. Offensichtlich müssen solche Anzeigen ähnliche horizontale und vertikale Blickwinkelbereiche aufweisen, da diese beim Kippen ja miteinander vertauscht werden.

10

Im allgemeinen ist zu bemerken, daß für die praktische Akzeptanz einer Anzeige nicht in erster Linie ihr Kontrast, bzw. ihr maximales Kontrastverhältnis maßgebend ist, sondern, daß es vielmehr oft auf die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrastes ankommt. Jedoch sind diese Eigenschaften je nach Anwendung verschieden zu gewichten.

15

TN-Schaltelemente mit $d \cdot \Delta n$ im Bereich von 0,2 μm bis 0,6 μm , wie in DE 30 22 818 beschrieben, haben in der Regel sehr gute Farbsättigung und Farbtiefe, jedoch einen unzureichenden Blickwinkel für anspruchsvolle

20

Anwendungen wie z. B. Computermonitore sogenannte “Desktop“-Monitore.

25

In einigen Ausgestaltungsformen, wie z.B. bei typischen IPS-Darstellungseinrichtungen, ist die Helligkeit der Darstellung ungenügend oder nur über großen Aufwand bei der Hintergrundbeleuchtung zu realisieren. Im Gegensatz dazu sind VANs oft durch ungenügende Farbsättigung und Farb-

tiefe charakterisiert, des weiteren ist die Herstellung von VANs wegen der schwierig zu erreichenden homöotropen Orientierung und wegen der langen Füllzeiten schwer herzustellen.

5 EP 0 264 667 beschreibt TN-Zellen mit Verdrillungswinkel im Bereich von 10° bis 80° mit $d \cdot \Delta n$ im Bereich von 0,2 μm bis 0,7 μm . Diese haben zwar sowohl eine verbesserte Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts als auch eine geringere Steilheit der Elektroopischen Kennlinie verglichen mit TN-Zellen mit 90° Verdrillung, sie haben jedoch wesentliche Nachteile. So sind 10 unter anderem ihre Helligkeit und ihr Kontrast deutlich geringer als die der herkömmlichen TN-Schaltelemente. Außerdem schalten die TN-Schaltelemente nach EP 0 264 667 relativ langsam.

15 Raynes, E. P., Mol. Cryst. Liq. Cryst. 4, S. 1, ff, 1986 beschreibt den Tiltwinkel in der Mitte der Flüssigkristallschicht (ϕ_M) als Funktion der Ansteuerspannung für TN-Zellen mit einem Verdrillungswinkel (ϕ) von 0° bis 270°.

20 DE 40 10 503 und WO 92/17 831 beschreibt unter anderem TN-Schaltelemente mit Verdrillungswinkel im Bereich von 0° bis 90°, die eine oder mehrere Kompensationsschichten zur Kompensation des optischen 25 Gangunterschieds enthalten.

25 In DE 42 12 744 wird zur Verbesserung der Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts und insbesondere der Darstellung von Graustufen von TN-Zellen mit 90° Verdrillung und einem $d \cdot \Delta n$ im Bereich von 0,15 μm bis 0,70 μm die Verwendung eines cholesterischen Flüssigkristallmaterials mit kurzem cholesterischen Pitch (P) mit einem d/P -Verhältnis im Bereich von 0,1 bis 0,5 vorgeschlagen. Die TN-Schaltelemente der DE 42 12 744 zeigen ähnliche Nachteile wie die in EP 0 264 667 beschriebenen Schaltelemente mit 30 kleinen Verdrillungswinkeln. Auch hier steigt die Sättigungsspannung deutlich an, wenn auch nicht so stark wie bei den TN-Schaltelementen der EP 0 264 667.

35 Van Haaren et al., Phys. Rev. E, Bd. 53, Nr. 2, S. 1701 bis 1713, untersucht die elastische Konstante für die Oberflächenkopplung (k_{13}) der ne-

matischen Flüssigkristallmischung ZLI-4792, Merck KGaA, in einer planar orientierten unverdrillten Zelle mit einer $\lambda/4$ -Platte.

5 Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten eine Flüssigkristallschicht mit einer kleinen optischen Verzögerung und gegebenenfalls eine weitere doppelbrechende Schicht, bevorzugt eine $\lambda/4$ -Schicht, eine $\lambda/2$ -Schicht oder zwei $\lambda/4$ -Schichten, sowie mindestens einen Polarisator.

10 Bevorzugt enthalten die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung einen Polarisator und einen Analysator, welche auf entgegengesetzten Seiten der Anordnung aus Flüssigkristallschicht und doppelbrechender Schicht angeordnet sind. Polarisator und Analysator werden in dieser Anmeldung gemeinsam als Polarisatoren bezeichnet.

15 Bevorzugt werden in den Schaltelementen gemäß der vorliegenden Anmeldung Linearpolarisatoren verwendet. Diese Linearpolarisatoren können einschichtige Polarisatoren sein oder aus einer Kombination mehrerer Schichten bestehen, wobei diese Schichten auch zwei oder mehr polarisierende Schichten umfassen können. Der Polarisationsgrad der Polarisatoren wird ausreichend hoch gewählt um einen guten Kontrast zu erzielen aber auch niedrig genug um eine gute Helligkeit des Schaltelements zu erhalten. Oft erweist sich die Verwendung eines Polarisators mit relativ geringem Polarisationsgrad, einem sogenannten "clean up" Polarisators in Kombination mit einem Polarisator mit relativ hohem Polarisationsgrad als vorteilhaft. In diesem Fall werden die Polarisatoren bevorzugt mit einem Kleber entsprechender Brechzahl verbunden um Lichtverluste an den Oberflächen zu vermeiden.

20

25

30 Die Flüssigkristallschicht wird üblicherweise zwischen zwei Substraten festgehalten. Mindestens eines der Substrate ist lichtdurchlässig, bevorzugt sind beide Substrate lichtdurchlässig. Die lichtdurchlässigen Substrate bestehen z. B. aus Glas, Quarzglas, Quarz oder aus transparenten Kunststoffen, bevorzugt aus Glas und besonders bevorzugt aus Borosilikatglas.

35

Die Substrate bilden mit einem Kleberahmen eine Zelle, in der das Flüssigkristallmaterial der Flüssigkristallschicht festgehalten wird. Die Substrate sind bevorzugt planar.

5 Der Abstand der flächigen Substrate wird mittels Abstandshaltern, sogenannten "Spacern" über die gesamte Fläche im wesentlichen konstant gehalten. Diese Spacer können nur im Kleberahmen verwendet werden oder, alternativ, über die ganze Fläche der Zelle verteilt sein. Die Verwendung von Abstandshaltern ausschließlich im Kleberahmen verringert Probleme mit Fehlorientierungen in der Flüssigkristallschicht. Sie ist besonders bei Flüssigkristallzellen mit kleinen Flächendiagonalen, insbesondere bis zu 5" und bevorzugt bis zu 3" angezeigt. Bei großflächigeren Flüssigkristallzellen, insbesondere bei solchen mit Diagonalen von 14" oder mehr und ganz besonders von 18" oder mehr, werden bevorzugt Abstandshalter über die gesamte Fläche verteilt eingesetzt. Hierbei ist es möglich und oft vorteilhaft verschiedene Abstandhalter im Kleberahmen und in der Zellenfläche einzusetzen. Die bevorzugten Grenzen für die verschiedenen Verteilungen der Abstandshalter über die Zellenfläche hängen zusätzlich von der Dicke der verwendeten Substrate ab. So wird bei dünnerem Glas und bei größeren Diagonalen die Verwendung von über die gesamte Anzeigefläche verteilten Spacern bevorzugt.

10

15

20

25

Die bevorzugten Substratdicken sind 0,3 mm bis 1,1 mm, besonders bevorzugt 0,4 mm bis 0,7 mm. Bei den größeren Diagonalen der Zellen werden die Substrate mit den größeren Dicken bevorzugt eingesetzt.

30

35

Die erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelemente zeichnen sich durch sehr gute Graustufenkapazität, eine geringe Abhängigkeit des Kontrasts vom Betrachtungswinkel, auch bei Farbdarstellung, mit einem großen

Blickwinkelbereich und geringer Kontrastinversion sowie insbesondere durch sehr kurze Schaltzeiten aus. Insbesondere wird der inverse Kontrast, wie z. B. in DE 42 12-744 definiert, der in Anzeigen nach DE 30 22 818 auftritt, insbesondere bei größeren Betrachtungswinkeln θ deutlich verringert.

Als Abstandshalter können handelsübliche Spacer in Kugelform oder in Zylinderform sowohl aus Kunststoffen als auch aus anorganischen Materialien, wie z. B. Glasfaserabschnitten, bestehen. Ferner kommen als Abstandshalter mehr oder weniger regelmäßige, erhabene Strukturen auf bevorzugt einem der Substrate in Frage. Diese regelmäßigen, erhabenen Strukturen können verschiedene Formen haben, wie z. B. rechteckige, quadratische, ovale oder runde Säulen oder Pyramidenschäfte, aber auch streifen- oder wellenförmige Strukturen.

5

10 Die Polarisatoren sind entweder gekreuzt oder parallel zueinander angeordnet. In dieser Anmeldung werden die Richtungen der Anordnung der Polarisatoren auf ihre Absorptionsachsen bezogen. Bevorzugt ist die gekreuzte Anordnung der Polarisatoren. Der Winkel der Absorptionsachsen zueinander (Ψ_{PP}) ist bei gekreuzten Polarisatoren im Bereich von 75° bis 105°, bevorzugt von 85° bis 95°, besonders bevorzugt von 88° bis 92°, insbesondere bevorzugt von 89° bis 91° und ganz besonders bevorzugt 90° und bei parallelen Polarisatoren von -15° bis 15°, bevorzugt von -5° bis 5°, besonders bevorzugt von -2° bis 2°, insbesondere bevorzugt von -1° bis 1° und ganz besonders bevorzugt 0° .

15

20 Der Winkel zwischen der Absorptionsachse des der Flüssigkristallschicht benachbarten Polarisators mit der Richtung der Orientierung des Direktors des Flüssigkristallmaterials im ungeschalteten (feldfreien) Zustand am benachbarten Substrat (Ψ_{PL}) beträgt 35° bis 55°, bevorzugt 40° bis 50°, besonders bevorzugt 43° bis 47°, insbesondere 44° bis 46° und idealer Weise 45°. Bei Verwendung von weiteren doppelbrechenden Schichten und/oder von Kompensatoren zusätzlich zu den jenach Ausführungsform obligatorischen oder bevorzugten $\lambda/4$ - bzw. $\lambda/2$ -Schichten können auch andere Winkel zwischen Polarisatorrichtung und Flüssigkristallorientierung eingesetzt werden.

25

30

35 Der Verdrillungswinkel der Flüssigkristallschicht zwischen den beiden Substraten beträgt bevorzugt von -20° bis 20°, besonders bevorzugt von -10° bis 10°, insbesondere bevorzugt von -5° bis 5°, ganz besonders bevorzugt von -2° bis 2° und am meisten bevorzugt von -1° bis 1°.

Die Orientierung der Flüssigkristallmaterialien an den Substratoberflächen erfolgt nach üblichen Verfahren. Hierzu kann die Schrägbedampfung mit anorganischen Verbindungen, bevorzugt Oxiden wie SiO_x , die Orientierung auf antiparallel geriebenen Oberflächen, insbesondere auf antiparallel geriebenen Polymerschichten wie Polyimidschichten, oder Orientierung auf photopolymerisierten anisotropen Polymeren eingesetzt werden. Bei senkrechter Orientierung („vertical alignment“, kurz VA) können auch Lecithin oder oberflächenaktive Stoffe zu homöotropen Orientierung eingesetzt werden.

Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung können mit den Produktionsverfahren in den Produktionsanlagen der bislang am weitesten verbreiteten Flüssigkristallschaltelemente, der TN-Flüssigkristallschaltelemente, hergestellt werden. Es sind insbesondere keine besonderen Anstrengungen bezüglich der Orientierung des Flüssigkristalldrektors wie z. B. bei STN (hoher Tilt-Winkel) oder bei VAN (homöotrope Orientierung) nötig. Außerdem kann, im Gegensatz zu TN, IPS mit verdrilltem Ausgangszustand und insbesondere zu STN auf Zusatzstoffe wie chirale Dotierstoffe weitestgehend und oft sogar vollständig verzichtet werden. Somit entfällt ein weiterer, teilweise schwierig zu kontrollierender Prozeßparameter.

Der Oberflächenanstellwinkel an den Substraten (ϕ_0), auch Tiltwinkel genannt, liegt im Bereich von 0° bis 15° , bevorzugt im Bereich von 0° bis 10° , besonders bevorzugt im Bereich von $0,1^\circ$ bis 5° und insbesondere bevorzugt im Bereich von $0,2^\circ$ bis 5° und am meisten bevorzugt im Bereich von $0,3^\circ$ bis 3° . Der Anstellwinkel an mindestens einer der Substratoberflächen beträgt von $0,5^\circ$ bis 3° . Bevorzugt ist der Anstellwinkel an beiden Substraten identisch.

Die Elektroden auf den Substraten sind, zumindestens auf einem der Substrate und bevorzugt auf beiden Substraten lichtdurchlässig. Als Material für die Elektroden wird bevorzugt Indiumzinnoxid (ITO) eingesetzt, jedoch können auch Aluminium, Kupfer, Silber und/oder Gold verwendet werden.

Da bei den erfindungsgemäßen Flüssigkristallanzeigeelementen der Oberflächenanstellwinkel klein sein kann, ist die Verwendung von anisotrop photopolymerisierbaren Materialien, wie z. B. Zimtsäurederivaten, die sogenannte „Photo-Orientierung“ besonders vorteilhaft einzusetzen.

5

Dies gilt insbesondere für eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Flüssigkristallanzeigeelemente die Ausführungsform mit Multidomänenschaltelementen. Hierbei sind die einzelnen Flüssigkristallschaltelemente bzw. ihre einzelnen Anzeigeelektroden (auch Bildelemente, Englisch pixels genannt) in Unterbereiche mit verschiedener Orientierung des Flüssigkristalldirektors, zumindest im geschalteten Zustand, sogenannten Domänen, aufgeteilt. Diese Domänen mit unterschiedlicher Orientierung im geschalteten Zustand können z. B. durch unterschiedliche Oberflächenanstellwinkel oder durch unterschiedliche Vorzugsorientierungen auf den Substraten induziert werden. Sie können aber auch durch entsprechende ausreichend schräg orientierte, elektrische Felder, etwa durch geschlitzte Elektroden, oder durch nichtplanare Oberflächentopographien induziert werden. Insbesondere bei der Induktion der Domänen durch nicht senkrecht zu den Substraten stehende, elektrische Felder aber auch bei nicht ebenen Oberflächentopographien ist meistens ein möglichst kleiner Oberflächenanstellwinkel, möglichst von 0° , bevorzugt, wie er leicht mittels Photoorientierung erreicht werden kann. Die einzelnen Bildelemente der Multidomänenschaltelemente enthalten bevorzugt zwei oder mehrere, bevorzugt gerade Vielfache von zwei, ganz besonders bevorzugt zwei oder vier Domänen. Die Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Flüssigkristallschicht (ϕ_M , Englisch midplane tilt angle) dieser Domänen im geschalteten Zustand sind einander bevorzugt paarweise entgegengesetzt. Dadurch wird erreicht, daß sich die Blickwinkelabhängigkeiten der auch als sub-pixel bezeichneten Domänen gegenseitig aufheben und im Effekt wegmitteln. Die an den Domänengrenzen auftretenden, das Licht streuenden Disklinationen, werden zur Verbesserung des Kontrasts durch eine entsprechende Maske, bevorzugt eine schwarze Maske, abgedeckt. Durch entsprechende Ausgestaltung der die Domänen induzierenden Struktur oder Strukturen, sowie der Maske, kann die Einschränkung der Lichtausbeute durch das verringerte Öffnungsverhältnis möglichst gering gehalten werden.

Die größeren der bevorzugten Oberflächenanstellwinkel sind besonders vorteilhaft für die Definition des bevorzugten Quadranten, also des Quadranten in dem der beste Kontrast beobachtet wird. Sie führen insbesondere zu einer Unterdrückung von Bereichen mit verkehrtrem Anstellwinkel („reverse tilt domains“), die bei Anlegen von nicht orthogonalen Feldern besonders leicht auftreten.

Als aktive elektrische Schaltelemente der Aktiven Matrix kommen sowohl zweiseitige Strukturen wie Dioden, z. B. MIM Dioden oder back to back Dioden gegebenenfalls mit „reset“, als auch dreipolige Strukturen wie Transistoren, z. B. Dünnfilmtransistoren (TFTs von „thin film transistors“) oder Varistoren zur Anwendung. Für die Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen gemäß der vorliegenden Anmeldung werden TFTs bevorzugt. Das aktive Halbleitermedium dieser TFTs ist amorphes Silizium (a-Si), polykristallines Silizium (poly-Si) oder Cadmiumselenid (CdSe), bevorzugt a-Si oder poly-Si. Hierbei bezeichnet poly-Si gleichermaßen Hochtemperatur- und Niedertemperatur-poly-Si.

Bei Flüssigkristallschaltelementen nach einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat die Flüssigkristallschicht bevorzugt eine optische Verzögerung ($d \cdot \Delta n$) von 0,14 µm bis 0,42 µm, besonders bevorzugt von 0,22 µm bis 0,34 µm, insbesondere bevorzugt von 0,25 µm bis 0,31 µm, ganz besonders bevorzugt von 0,27 µm bis 0,29 µm und idealerweise von 0,28 µm.

Hierzu werden bevorzugt Flüssigkristallmaterialien mit kleiner Doppelbrechung Δn eingesetzt. Die Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialien beträgt bevorzugt 0,02 bis 0,09, besonders bevorzugt 0,04 bis 0,08, insbesondere bevorzugt 0,05 bis 0,075, ganz besonders bevorzugt 0,055 bis 0,070 und idealer Weise ca. 0,060 bis 0,065.

Die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht beträgt bevorzugt 1 µm bis 10 µm, bevorzugt 2 µm bis 7 µm, besonders bevorzugt 3 µm bis 6 µm und insbesondere bevorzugt 4 µm bis 5 µm.

Bei Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen mit Flüssigkristallzellen mit einer Diagonale bis zu 6“ sind Schichtdicken der Flüssigkristallschicht von 1 µm bis 4 µm und besonders von 2 µm bis 3 µm bevorzugt. Bei Flüssigkristalldarstellungseinrichtungen mit Flüssigkristallzellen mit einer Diagonale ab 10“ sind Schichtdicken der Flüssigkristallschicht von 3 µm bis 6 µm und besonders von 4 µm bis 5 µm bevorzugt.

Für diese bevorzugte Ausführungsform gibt es zwei verschiedene bevorzugte Unterformen.

10

In der ersten dieser bevorzugten Unterausführungsformen der vorliegenden Erfindung hat die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung ($d \cdot \Delta n$) von 0,20 µm bis 0,37 µm, bevorzugt von 0,25 µm bis 0,32 µm, besonders bevorzugt von 0,26 µm bis 0,30 µm, ganz besonders bevorzugt von 0,27 µm bis 0,29 µm, und am meisten bevorzugt von 0,28 µm.

15

In dieser bevorzugten Unterausführungsform benötigt das Anzeigeelement überraschender Weise bei einigen Anwendungen keine $\lambda/4$ -Schicht. Es ist trotzdem bei entsprechender Polarisatorstellung, bevorzugt im Winkel von im wesentlichen 45° zur Flüssigkristallvorzugsrichtung, durch gute Helligkeit, hervorragenden Kontrast und exzellente Blickwinkelabhängigkeit und sehr gute Graustufen- sowie Farbstufendarstellung charakterisiert. Ohne $\lambda/4$ -Schicht wird ein sehr breites Blickwinkelgebiet für den Betrachtungswinkel Θ erzielt, allerdings nicht für alle Betrachtungswinkel Φ . Im Gegensatz dazu ist das Blickwinkelgebiet bei den Sachallementen mit $\lambda/4$ -Schicht deutlich mehr zentrosymmetrisch, reicht also bei allen Betrachtungswinkeln Φ bis zu ähnlichen, großen Werten des Betrachtungswinkels Θ (vergleiche hierzu auch Abbildungen 9a) und 9b) zu Beispielen 1 und 2). In der zweiten dieser bevorzugten Unterausführungsformen der vorliegenden Erfindung hat die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung ($d \cdot \Delta n$) von 0,10 µm bis 0,27 µm oder 0,30 µm bis 0,45 µm, bevorzugt von 0,14 µm bis 0,25 µm oder 0,32 µm bis 0,42 µm, besonders bevorzugt von 0,22 µm bis 0,25 µm, oder von 0,32 µm bis 0,34 µm und die Anzeigeelemente enthalten bevorzugt eine $\lambda/4$ -Schicht.

20

25

30

35

35

In der vorliegenden Anmeldung bezieht sich die Wellenlänge λ immer bevorzugt auf die Wellenlänge der maximalen Empfindlichkeit des menschlichen Auges, auf 576 nm, sofern nicht explizit anders angegeben.

5 Die Begriffe $\lambda/4$ -Schicht und $\lambda/4$ -Platte, bzw. $\lambda/2$ -Schicht und $\lambda/2$ -Platte werden in der vorliegenden Anmeldung in der Regel gleichbedeutend verwendet. Der Begriff λ in $\lambda/4$ -Schicht, sowie $\lambda/2$ -Schicht bedeutet eine Wellenlänge $\lambda \pm 10\%$, bevorzugt $\lambda \pm 5\%$ und besonders bevorzugt $\lambda \pm 2\%$, wobei, wenn nicht anders angegeben, die Wellenlänge 576 nm beträgt.

10 Die Wellenlänge der $\lambda/4$ -Schicht wird im Fall einer merklichen spektralen Verteilung als deren Zentralwellenlänge angegeben.

15 Die $\lambda/4$ -Schicht, bzw. $\lambda/2$ -Schicht ist eine anorganische Schicht oder bevorzugt eine organische Schicht, z. B. aus einem doppelbrechenden Polymer, z. B. verstreckten Filmen (PET) oder flüssigkristallinen Polymeren.

20 Der Einsatz besonders der kleineren der bevorzugten Schichtdicken ist bevorzugt im Hinblick auf die dadurch erreichbaren vorteilhaften kleinen Schaltzeiten. Darüber hinaus erlaubt er eher den Einsatz konventioneller Flüssigkristallmaterialien oder stellt zumindest geringere Anforderungen bezüglich der oftmals schwierigen Realisierung der kleinen Δn Werte.

25 Im Gegensatz dazu ist der Einsatz von Flüssigkristallmaterialien mit besonders kleinem Δn bevorzugt im Hinblick auf die geringere Schichtdickenabhängigkeit des Kontrastes und des Hintergrundfarbtöns der Flüssigkristallschaltelemente. Darüberhinaus ist besonders bei Flüssigkristallzellen mit größeren Diagonalen die Produktion der Anzeigeelemente in dieser Ausgestaltungsform mit deutlich größeren Ausbeuten möglich.

30 Für einen weiten Arbeitstemperaturbereich sind Flüssigkristallmaterialien mit einem relativ hohen Klärpunkt besonders bevorzugt, da die Wirkung der $\lambda/4$ -Schicht, wegen der Temperaturabhängigkeit der Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialien ($\Delta n_{LC}(T)$) deutlich temperaturabhängig ist und $\Delta n_{LC}(T)$ bei Flüssigkristallmaterialien mit einem hohen Klärpunkt relativ niedrig ist. Somit wird die Temperaturabhängigkeit der gesamten optischen

35

Anordnung relativ klein gehalten und kann so, wenn erforderlich, auch leichter kompensiert werden.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden

5 Erfindung hat die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung ($d \cdot \Delta n$) von 0,07 μm bis 0,21 μm , bevorzugt von 0,11 μm bis 0,17 μm , besonders bevorzugt von 0,12 μm bis 0,16 μm , insbesondere bevorzugt von 0,13 μm bis 0,15 μm und idealerweise von 0,14 μm .

10 Hierzu werden auch bevorzugt Flüssigkristallmaterialien mit kleiner Doppelbrechung Δn eingesetzt. Die Doppelbrechung der Flüssigkristallmaterialien beträgt bevorzugt 0,02 bis 0,09, besonders bevorzugt 0,04 bis 0,08, insbesondere bevorzugt 0,05 bis 0,07, ganz besonders bevorzugt 0,055 bis 0,065 und idealer Weise ca. 0,06.

15 15 Die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht beträgt bevorzugt 0,5 μm bis 7 μm , bevorzugt 1 μm bis 5 μm , besonders bevorzugt 1,5 μm bis 4 μm und insbesondere bevorzugt 2 μm bis 2,5 μm . Hierbei sind insbesondere Anzeigen mit Flüssigkristallzellen mit kleineren Diagonalen insbesondere im Bereich von 0,5" bis 6", besonders im Bereich von 1" bis 4" bevorzugt.

20

In dieser bevorzugten Ausführungsform enthalten die Flüssigkristallschaltelemente bevorzugt zwei $\lambda/4$ -Schichten oder, besonders bevorzugt eine $\lambda/2$ -Schicht. Die beiden $\lambda/4$ -Schichten können auf verschiedenen Seiten der Flüssigkristallschicht verwendet werden, sie können sich jedoch auch auf der selben Seite der Flüssigkristallschicht befinden.

Insbesondere wenn die optische Verzögerung ($d \cdot \Delta n$) der Flüssigkristallschicht deutlich verschieden ist von 0,14 μm , besonders wenn sie im Be-

30 reich von 0,07 μm bis 0,12 μm oder von 0,16 μm bis 0,21 μm liegt, ist der Einsatz von zwei $\lambda/4$ -Schichten, bzw. einer $\lambda/2$ -Schicht nötig.

35 Diese bevorzugte Ausführungsform stellt hohe Anforderungen sowohl bezüglich der Doppelbrechung des Flüssigkristallmaterials, als auch bezüglich der Schichtdicke der Flüssigkristallschicht. Die Anforderungen an die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht werden jedoch durch die geringere

5 Schichtdickenabhängigkeit der optischen Eigenschaften der Schaltelemente etwas gemildert. Bei kleinflächigen Flüssigkristallzellen ist überdies die Schichtdickentoleranz leichter einzuhalten. Darüberhinaus haben die dünnen Flüssigkristallzellen dieser bevorzugten Ausführungsform extrem kurze Schaltzeiten.

10 Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Anmeldung können transmissiv, reflektiv oder transflektiv betrieben werden. Bevorzugt ist die transmissive oder transflektive Betriebsweise.

10

Tabelle 1: Bevorzugten Parameterkombinationen

A) Transmissives Schaltelement

15

$d\Delta n / \mu\text{m}$	$\lambda/4$ Platte obligatorisch	$\Psi_{PP} / {}^\circ$ bevorzugt	$\Psi_{PL} / {}^\circ$ bevorzugt
0.277	Nein	90 +/- 5	45 +/- 10
0.278 bis 0.335	Ja	90 bis 110	45 +/- 10
0.220 bis 0.276	Ja	90 bis 70	45 +/- 10
0.1385	$\lambda/2$ bevorzugt	90 +/- 5	45 +/- 10

20

B) Reflektives Schaltelement

25

$d\Delta n / \mu\text{m}$	$\lambda/2$ bzw. $\lambda/4$ Platte obligatorisch	$\Psi_{PP} / {}^\circ$ bevorzugt	$\Psi_{PL} / {}^\circ$ bevorzugt
0.1385	Nein	90 +/- 5	45 +/- 10
0.139 bis 0.168	Ja	90 bis 110	45 +/- 10
0.110 bis 0.138	Ja	90 bis 70	45 +/- 10

30

35

Die Flüssigkristallschaltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung schalten beim Anlegen einer Spannung das Licht, ähnlich wie die bekannten TN-Schaltelemente. Dies ist für die Flüssigkristallschaltelemente der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung z.

B. in Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Bei gekreuzten Polarisatoren ist das Schaltelement im spannungsfreien Zustand, dem „Aus-Zustand“ lichtdurchlässig („normally white“ oder auch positiver Kontrast genannt). Mit steigender angelegter Spannung wird zunächst eine Schwelle erreicht ab

5 der die Transmission abzunehmen beginnt. Dann nimmt die Transmission über einen relativ weiten Bereich der Spannung nahezu linear mit steigender Spannung ab. Mit höherer Spannung strebt die Transmission einem Grenzwert zu, es wird eine Sättigung erreicht.

10 Es versteht sich von selbst, daß zur weiteren Verbesserung der optischen Eigenschaften, die Anzeigeelemente gemäß der vorliegenden Erfindung weitere optische Schichten enthalten können. Diese Schichten können etwa Kompensationsschichten sein, die insbesondere bei Anzeigeelementen mit von 0° verschiedener Verdrillung der Flüssigkristallschicht eingesetzt werden, oder auch das Licht, z. B. einer Hintergrundbeleuchtung, kollimierende Filme wie die sogenannte „brightness enhancement film“ (BEF) oder cholesterische Zirkularpolarisatoren zur Ausnutzung der sonst vom Polarisator absorbierten Hälfte des Lichts der Hintergrundbeleuchtung.

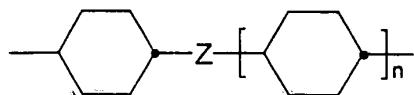
15

20 Die Darstellung von farbigen Bildern mit den Anzeigeelementen gemäß der vorliegenden Erfindung ist auf verschiedene Art möglich. Bevorzugt wird eine Hintergrundbeleuchtung mit annähernd weißer Spektralverteilung verwendet und die Farbzerlegung durch einen Farbfilter vorgenommen. Die einzelnen Flüssigkristallschaltelemente werden dann als Lichtventile für die jeweiligen Grundfarben eingesetzt. Die Hintergrundbeleuchtung kann auch so an die spektrale Charakteristik des Farbilters angepaßt sein, daß sie entsprechende Intensitätsmaxima in den jeweiligen Transmissionsbereichen hat. Die Farbdarstellung kann jedoch auch durch Doppelbrechungseffekte erreicht werden.

25

30 Flüssigkristallmischungen, die in den erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen verwendet werden, enthalten bevorzugt aus 3 bis 27, besonders bevorzugt 10 bis 21 und ganz besonders bevorzugt 12 bis 18 Einzelverbindungen. Die bevorzugt eingesetzten Einzelverbindungen enthalten bevorzugt jeweils eine 1,4'-*trans-trans*-Bicyclohexyleneinheit der Teilformel i:

35



5

mit

Z eine Einfachbindung, -CH₂CH₂- oder -CF₂CF₂- und

n 1 oder 2.

10

Hierbei können bei einem der Cyclohexanringe auch eine oder bevorzugt zwei nicht benachbarte -CH₂- Gruppen durch Sauerstoffatome oder zwei benachbarte -CH₂- Gruppen durch eine -CH=CH-Gruppe ersetzt sein.

15

Im Fall von Verbindungen mit insgesamt nur zwei sechsgliedrigen Ringen kann gegebenenfalls auch einer der beiden Cyclohexanringe durch, gegebenenfalls auch zweifach oder bevorzugt einfach-lateral fluoriertes, 1,4-Phenylen ersetzt sein.

20

Bevorzugt enthalten die Flüssigkristallmischungen eine oder mehrere Verbindungen mit einer Struktureinheit der Formel i, worin n 2 ist.

Die in den erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelementen verwendeten Flüssigkristallmischungen enthalten bevorzugt

30

- eine Komponente A bestehend aus Verbindungen mit 2 sechsgliedrigen Ringen,
- eine Komponente B bestehend aus Verbindungen mit 3 sechsgliedrigen Ringen und gegebenenfalls
- eine Komponente C bestehend aus Verbindungen mit 4 sechsgliedrigen Ringen.

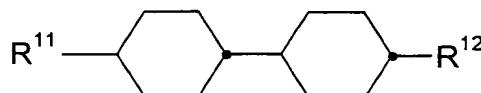
Bevorzugt bestehen die Flüssigkristallmischungen im wesentlichen aus den Komponenten A, B und gegebenenfalls C.

35

Besonders bevorzugte Flüssigkristallmischungen enthalten eine oder mehrere

- dielektrisch neutrale Verbindungen der Formel I

5



I

worin

10

R^{11} n-Alkyl mit 1 bis 5 C-Atomen,

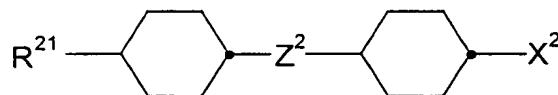
10 R^{12} n-Alkyl mit 1 bis 5 C-Atomen, 1E-Alkenyl, bevorzugt Vinyl oder n-Alkoxy mit 1 bis 6 C-Atomen

bedeutet,

15

- Optional dielektrisch positive Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Formeln II und II'

20



II

worin

25

R^{21} n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 3 bis 7 bzw. 2 bis 8, bevorzugt 5 bis 7 bzw. 4 bis 6 C-Atomen,

25 Z^2 eine Einfachbindung oder $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$

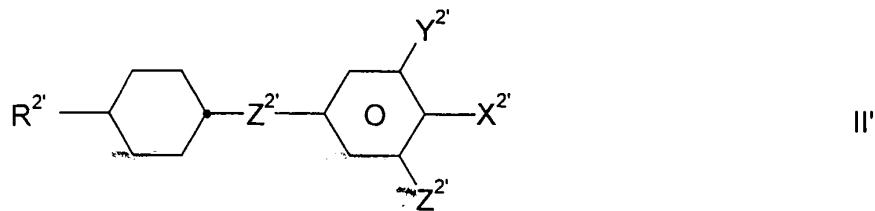
30

X^2 OCF_3 , CF_3 oder $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$, bevorzugt CF_3 oder $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3$

35

bedeuten,

5



worin

10

$R^{2'}$ n-Akyl oder 1E-Alkenyl mit 3 bis 7 bzw. 2 bis 8, bevorzugt mit 5 bis 7 bzw. 4 bis 6 C-Atomen,

$Z^{2'}$ eine Einfachbindung oder $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$,

15

$X^{2'}$ OCF_2H , OCF_3 oder F, bevorzugt F,

und

$Y^{2'}$ und $Z^{2'}$ unabhängig voneinander H oder F,

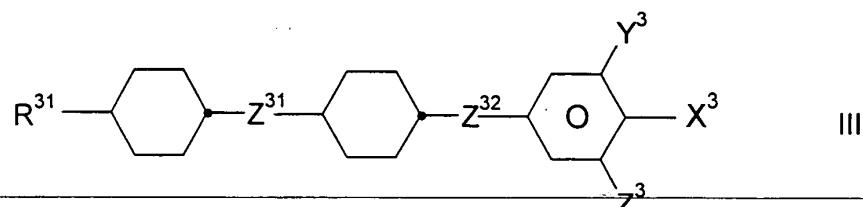
20

bedeuten,

und

- Verbindungen der Formel III

30



worin

35

R^{31} n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 2 bis 7, bevorzugt 2 bis 5 C-Atomen,

Z^{31} und Z^{32} jeweils eine Einfachbindung von Z^{31} und Z^{32} und -
 $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}$ oder $-\text{CF}_2\text{CF}_2\text{-}$ bevorzugt $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-}$ bedeuten
 kann, besonder bevorzugt jedoch beide eine Einfachbin-
 dung,

5

X^3 OCF_2 , OCF_3 oder F ,

Y^3 und Z^3 unabhängig voneinander H oder F ,

10

im Fall

$X^3 = \text{OCF}_2$ bevorzugt beide Y^3 und $Z^3 \text{ F}$,

15

im Fall

$X^3 = \text{F}$ bevorzugt beide Y^3 und $Z^3 \text{ F}$,

15

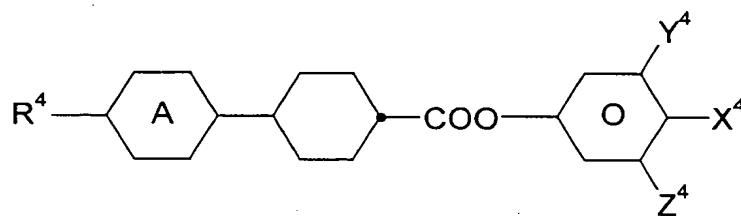
im Fall

$X^3 = \text{OCF}_3$ bevorzugt einer von Y^3 und $Z^3 \text{ F}$, der andere H ,

20

- optional eine oder mehrere Verbindungen ausgesucht aus der Gruppe
 der Verbindungen der Formeln IV und V

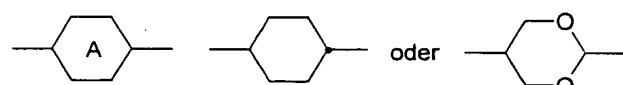
25



worin

30

R^4 n -Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 2 bis 5, bevorzugt mit 2 bis 5
 C-Atomen



35

X^4 OCF_2H , OCF_3 oder F , bevorzugt F oder OCF_3 ,

Y^4 und Z^4 unabhängig voneinander H oder F,

im Fall

5

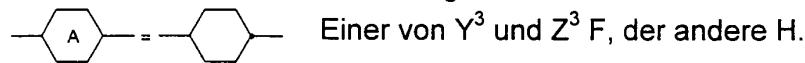
$X = F$ und



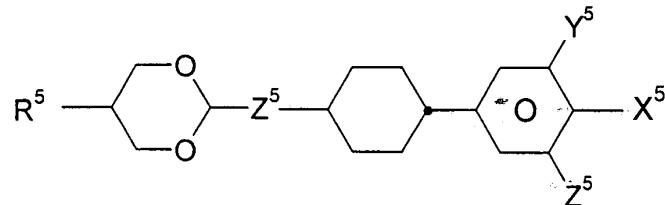
10

im Falle

$X = OCF_3$ und besonders bevorzugt im Fall



15



20

worin

R^5

n-Alkyl oder 1E-Alkenyl mit 2 bis 5 C-Atomen

Z^{51}

eine Einfachbindung oder $-CH_2CH_2-$,

25

X^5

F, OCF_3 oder OCF_2H ,

Y^5 und Z^5 unabhängig voneinander H oder F,

bevorzugt

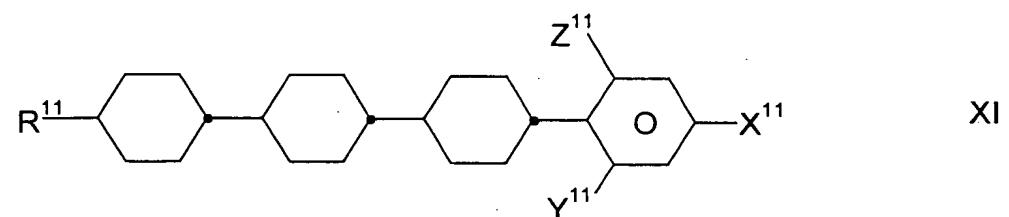
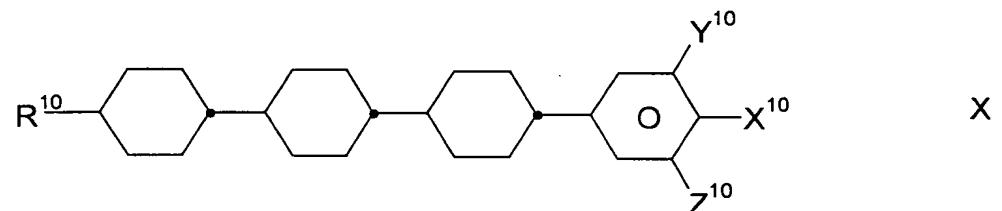
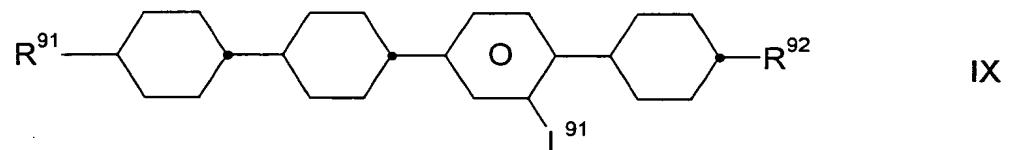
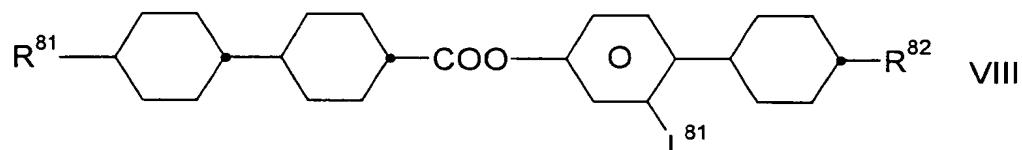
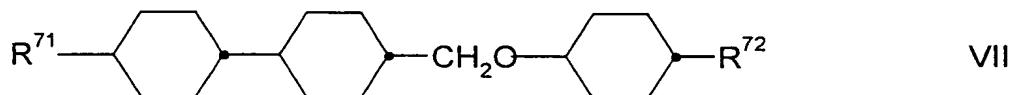
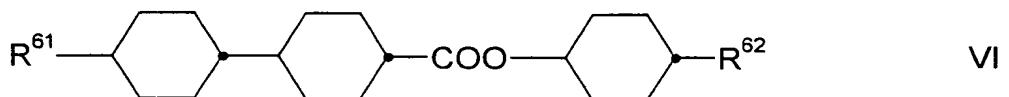
30

X^5 , Y^5 und Z^5 alle F

bedeuten

35

- optional eine oder mehrere Verbindungen mit hohem Klärpunkt ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln VI bis XI



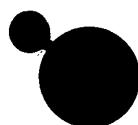
worin R^{71} und R^{72} , R^{81} und R^{82} , R^{91} und R^{92} , R^{10} sowie R^{11} jeweils unabhängig voneinander die oben bei Formeln I für R^{11} und R^{12} gegebene Bedeutung haben ,

L^{81} , L^{91} H oder F bedeuten und

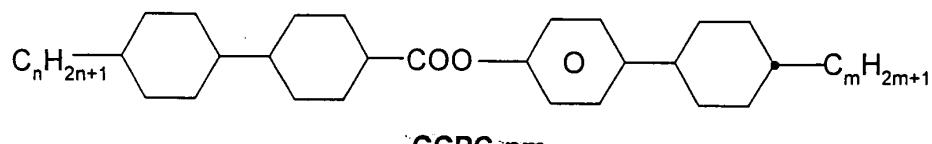
X^{10} , Y^{10} und Z^{10} sowie X^{11} , Y^{11} und Z^{11} jeweils unabhängig voneinander die oben bei Formeln III für X^3 , Y^3 , und Z^3 gegebene Bedeutung haben.

5 Besonders bevorzugte Flüssigkristallmischungen enthalten eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der folgenden Verbindungen der Tabelle 2 und insbesonders bevorzugt jeweils eine oder mehrere Verbindungen von mindestens drei, bevorzugt von mindestens vier, verschiedenen der in der folgenden Tabelle 2 aufgeführten Formeln.

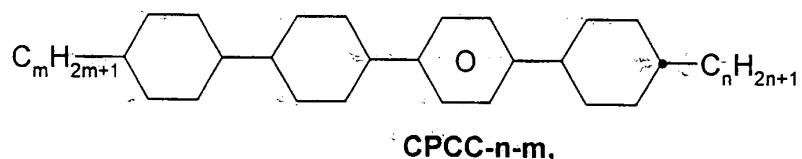
10 Tabelle 2: Bevorzugte Verbindungen



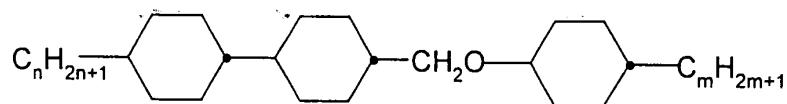
15



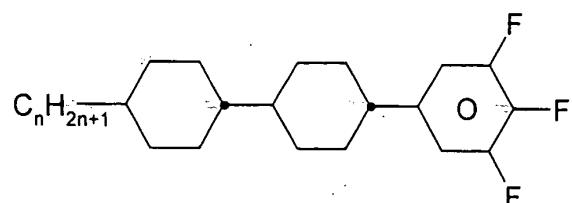
20



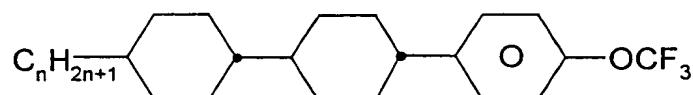
30



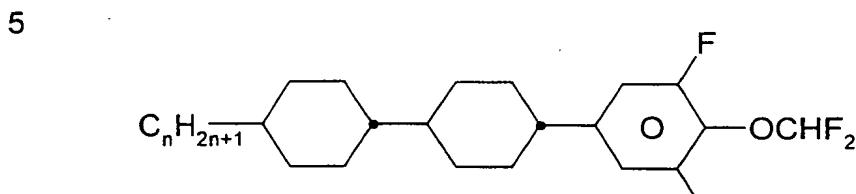
35



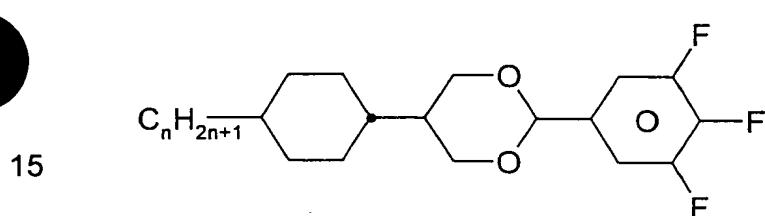
CCP-nF.F.F



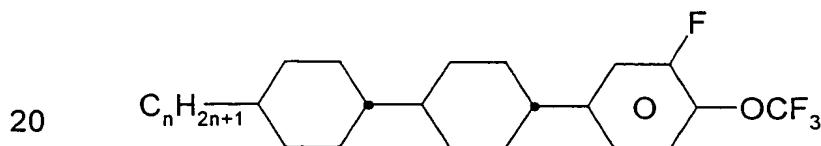
CCP-nOCF3



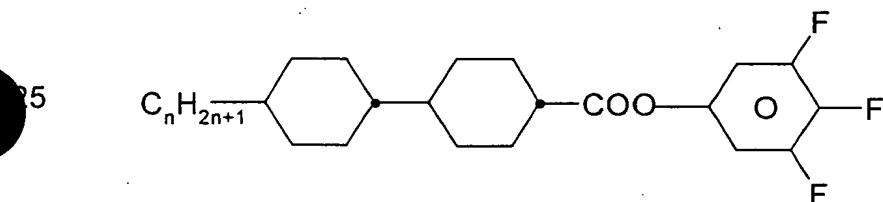
CCP-nOCF2.F.F



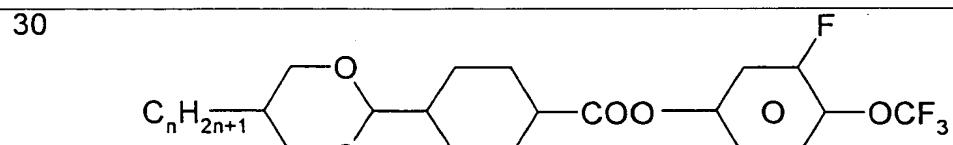
CDU-n-F



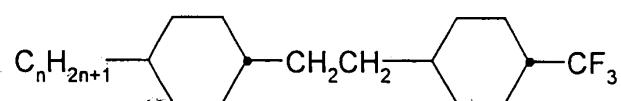
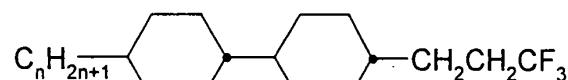
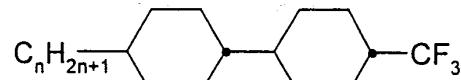
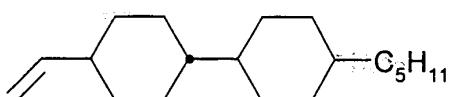
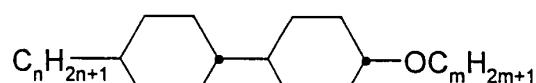
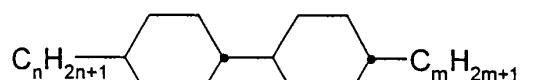
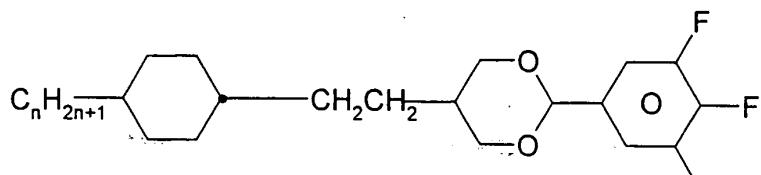
CCP-nOCF3.F

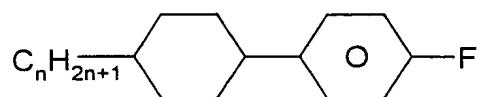


CCZU-n-F

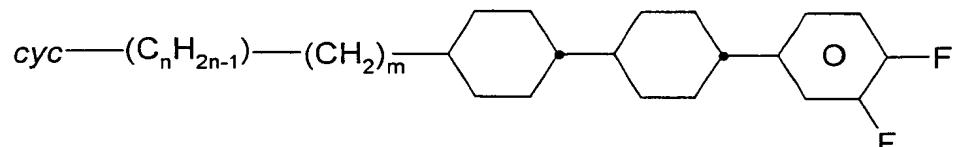


DCZG-n-OT

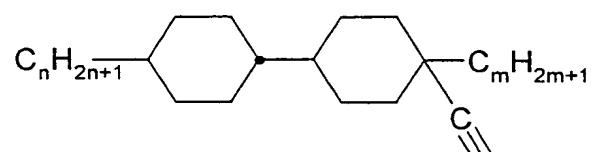


**PCH-nF**

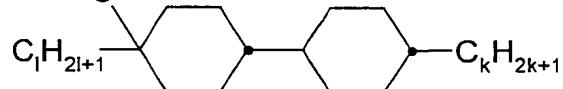
5

**CCG-(c n)m-F**

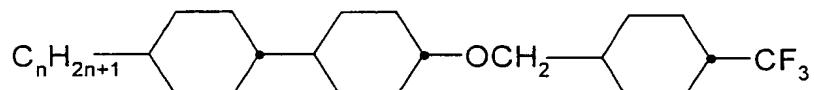
10



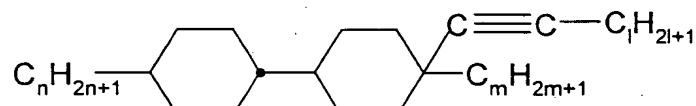
15

**CCTTCC-n-m-l-k**

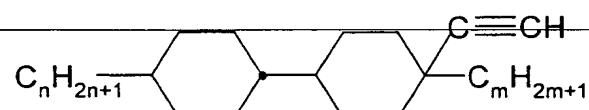
20

**CCOIC-n-T oder CHO-nT**

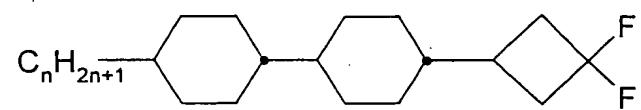
25

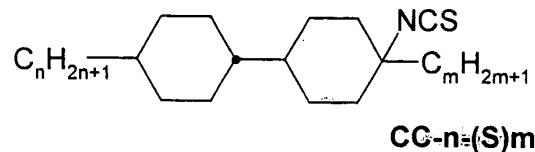
**CC-n-(T l)m**

30

**CC-n-(T)m**

35

**CCS-n**



5

Der Temperaturbereich der nematischen Phase erstreckt sich bevorzugt von -20°C bis 60°C , besonders bevorzugt von -30°C bis 70°C und ganz besonders von -40°C bis 80°C . Die Doppelbrechung beträgt bevorzugt von 0.040 bis 0.070, besonders bevorzugt von 0.050 bis 0,065 und ganz besonders bevorzugt von 0,054 bis 0,063. Die Rotationsviskosität beträgt bevorzugt 60 bis 170 m Pa s., besonders bevorzugt 80 bis 150 m Pa s und ganz besonders bevorzugt 90 bis 139 m Pa s. Die Schwellenspannung (V_{10}) in den erfindungsgemäßen Schaltelementen beträgt bevorzugt 0,9 V bis 2,7 V, besonders bevorzugt 1,1 V bis 2,5 V und ganz besonders bevorzugt 1,2 V bis 2,0 V. Die Summenschaltzeiten für das Schalten zwischen V_{10} und V_{90} und zurück in den erfindungsgemäßen Schaltelementen betragen bevorzugt höchstens als 100 ms, besonders bevorzugt höchstens als 80 ms, ganz besonders bevorzugt 60 ms oder weniger. Für schnellere Anwendungen betragen die Summenschaltzeiten 50 ms oder weniger, bevorzugt 45 ms oder weniger, besonders bevorzugt 40 ms oder weniger, insbesondere 40 ms oder weniger und ganz besonders bevorzugt 30 ms oder weniger.

10

15

20

25

30

Des weiteren lassen sich die bevorzugten Parameter der Flüssigkristallmischungen durch den Fachmann leicht anhand der unten gezeigten Beispiele ersehen. Insbesondere sind die bevorzugten Bereiche der physikalischen Eigenschaften der Flüssigkristallmischungen und deren Kombinationen, diejenigen die sich aus den durch die Werte der Beispiele abgedeckt werden.

35

Besonders bevorzugt bestehen die Flüssigkristallmischungen im wesentlichen aus Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formen I, II, II' und III bis XI.

Die in den Flüssigkristallschaltelementen gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzten Flüssigkristallmedien bestehen bevorzugt aus 3 bis 35 Verbindungen, besonders bevorzugt aus 4 bis 25, ganz besonders bevorzugt aus 5 bis 20 und insbesondere bevorzugt aus 6 bis 15 Verbindungen.

5

Der bevorzugte d/P Bereich ist von -0,25 bis 0,25. Für möglichst kleine Ansteuerspannungen ist ein d/P im Bereich von -0,1 bis 0,1, besonders von 0, bevorzugt. Zur optimalen Darstellung vom Graustufen und zur Unterdrückung von inversem Kontrast sind d/P-Werte mit einem Betrag von 0,1 bis 0,25, besonders von 0,15 bis 0,24, bevorzugt.

10

In der vorliegenden Anmeldung gilt, wenn nicht ausdrücklich anders vermerkt:

15

- Die physikalischen Eigenschaften wurden bestimmt wie beschrieben in: Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals, Description of the Measurement Methods, Hrg. W. Becker, Status Nov. 1997,
- alle physikalischen Daten sind für eine Temperatur von 20 °C gegeben,
- alle Temperaturen sind in °C und alle Temperaturdifferenzen in Differenzgrad gegeben,
- alle Konzentrationsangaben sind in Massen-%,
- Δn ($\Delta n = n_{||} - n_{\perp}$) bezieht sich auf 589,3 nm,
- $\Delta \epsilon$ ($\Delta \epsilon = \epsilon_{||} - \epsilon_{\perp}$) bezieht sich auf 1 kHz,
- γ_1 Rotationsviskosität,
- K_{ii} elastische Konstanten,
- λ ist 576 nm,
- V_0 Kapazitive Schwelle oder auch Freedericksz-Schwelle,
- V_{10} Schwellenspannung (für 10% relativen Kontrast, $\Theta = 0^\circ$),
- V_{50} Mittgrausspannung (für 50% relativen Kontrast, $\Theta = 0^\circ$),

20

- V_{90} Sättigungsspannung (für 90% relativen Kontrast, $\Theta = 0^\circ$),
- τ_{delay} Totzeit von 0% bis 10% Änderung der relativen Kontrasts,
- τ_{rise} Anstiegszeit von 10% bis 90% Änderung der relativen Kontrasts,
- τ_{on} Einschaltzeit von 0% bis 90% Änderung der relativen Kontrasts,
- τ_{off} Ausschaltzeit von 90% bis 10% Änderung der relativen Kontrasts,
- τ_{sum} Summenschaltzeit = $\tau_{\text{on}} + \tau_{\text{off}}$,
- Φ Betrachtungswinkel in der Anzeigeebene,

25

30

35

- Θ Betrachtungswinkel von der Anzeigenormale,
- ϕ Verdrillungswinkel des Flüssigkristalldirektors zwischen den beiden Substraten,
- φ Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors,
- 5 - φ_0 Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors an der Substratoberfläche bzw. an der Orientierungsschicht,
- φ_M Anstell-(Tilt-)winkel des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Flüssigkristallschicht,
- Ψ_{PP} identisch mit Ψ_{PA} Winkel zwischen den Absorptionsachsen der 10 Polarisatoren und
- Ψ_{PL} bzw. Ψ_{AL} Winkel zwischen der Absorptionsachse des Polarisators bzw. des Analysators und der Orientierungsrichtung des Flüssigkristallmaterials am jeweils benachbarten Substrat,
- die elektrooptischen Eigenschaften und Schaltzeiten wurden mit einer 15 Rechteckwechselspannungsansteuerung mit einer Frequenz von 60 Hz bestimmt,
- die angegebenen Spannungswerte sind quadratisch gemittelte Werte („root mean square“ (rms) values“),
- „im wesentlichen“ bedeutet, sofern nicht anders angegeben, im Zusammenhang mit physikalischen Eigenschaften mit einer Abweichung 20 von nicht mehr als $\pm 10\%$, bevorzugt $\pm 5\%$ und besonders bevorzugt $\pm 2\%$,
- „im wesentlichen bestehend aus“ bedeutet sofern nicht anders angegeben, daß der Anteil weiterer Bestandteile nicht mehr als 10 %, bevorzugt nicht mehr als 5 % und besonders bevorzugt nicht mehr als 2 % beträgt,
- die in der vorliegenden Anmeldung gegebenen Zahlenwerte sind, sofern nicht anders angegeben, auf \pm eine Einheit in der letzten gegebenen Stelle genau,

- 30 - Grenzen der angegebenen Bereiche sind, soweit nicht anders angegeben, inklusive, bevorzugt jedoch exclusive,
- \geq bzw. \leq , \geq bzw. \leq , sowie \geq bzw. \leq heißen jeweils kleiner oder gleich, bzw. größer oder gleich und
- \pm oder \pm heißt plus oder minus.

Die Rotationsviskosität der nematischen Flüssigkristallmischung ZLI-4792 (Merck KgaA) bei 20 °C betrug mit dem geeichten Rotationsviskosimeter 133 mPa s.

5 Die elektrooptischen Eigenschaften wurden in Testzellen aus der eigenen Fertigung der Merck KGaA untersucht:
Schichtdicke:
Glas: 1,1 mm dickes Borosilikatglas (Pilkington)
ITO: 100 Ohm / Quadratzoll (Ω / square inch)

10 Orientierungsschicht: AL-1054 von Japan Synthetic Rubber, Japan,
Tiltwinkel: 1° bis 2° (bestimmt mit Flüssigkristallmaterial ZLI-4792 der Merck KgaA, Deutschland,
Verdrillungswinkel: 0° (Glasplatten antiparallel gerieben),
d/P: 0 (undotiert).

15 Die optischen und elektrooptischen Eigenschaften der Testzellen wurden in kommerziellen Geräten der Firma Autronic-Melchers, Karlsruhe, Deutschland (DMS 301 und DMS 703) und zusätzlich in einem selbsthergestellten Gerät der Merck KGaA, jeweils unter Verwendung von weißem

20 Licht vermessen. Das selbst hergestellte Gerät benutzt einen Photomultiplier als Detektor und einen Filter zur Anpassung der Ansprechempfindlichkeit des Detektors an die Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges.

25 Die $\lambda/4$ -Schicht wurde bei dem selbsthergestellten Gerät der Merck KGaA als Plättchen fest im Strahlengang montiert. Bei den Messungen mit dem DMS 703 wurde ein $\lambda/4$ -Film aus flüssigkristallinem Polymer der Merck Ltd, Großbritannien verwendet.

30

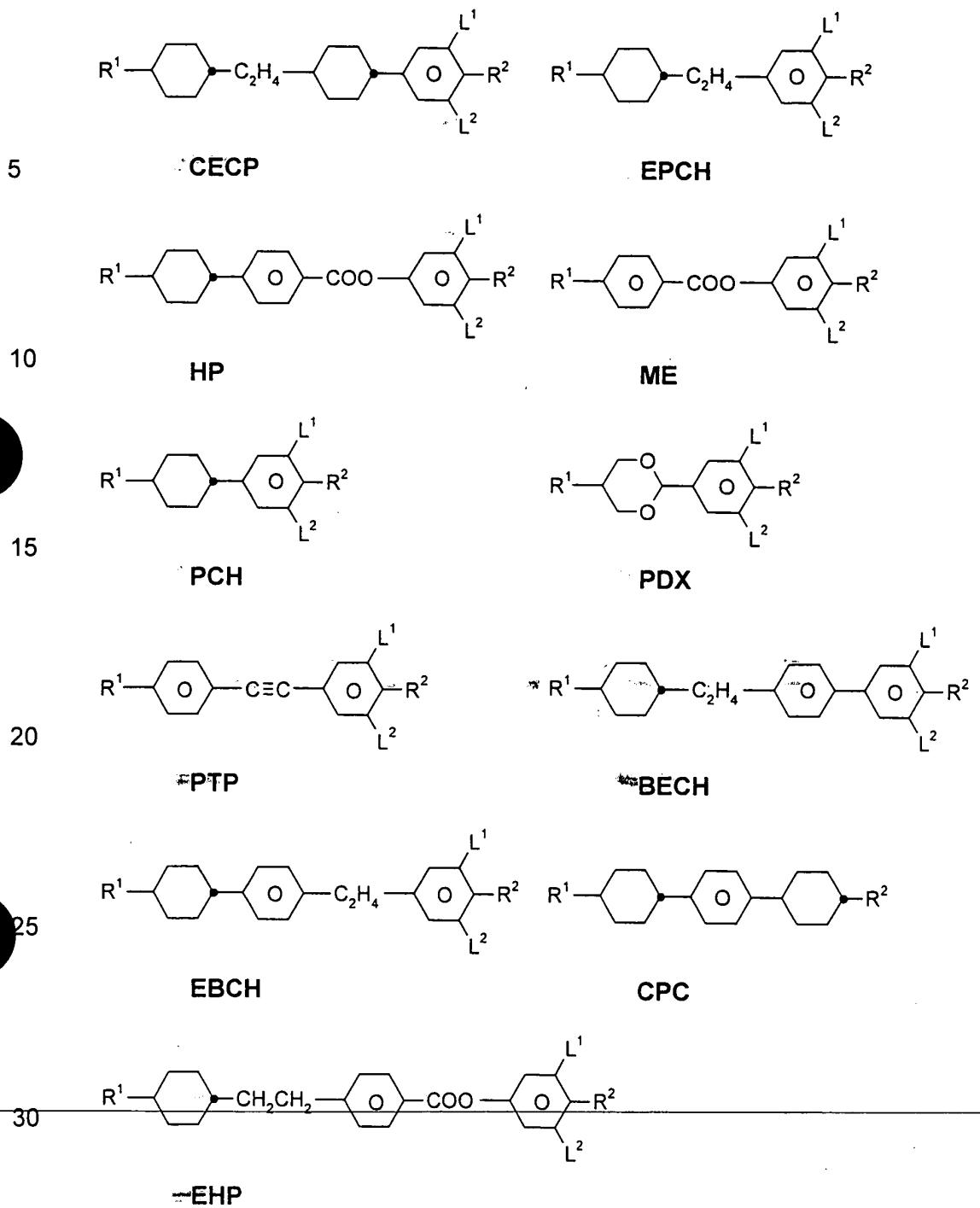
35

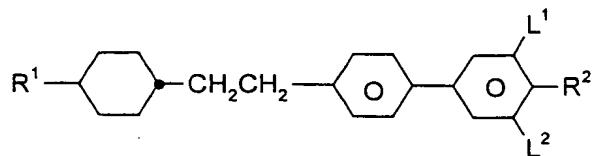
In der vorliegenden Anmeldung und insbesondere in den Beispielen werden die Flüssigkristallverbindungen mit Abkürzungen bezeichnet. Die Kodierung der Strukturen ist offensichtlich und erfolgt nach den Tabellen A und B. Alle Gruppen C_nH_{2n+1} , C_mH_{2m+1} , C_lH_{2l+1} und C_kH_{2k+1} sind geradkettenförmige Alkylketten mit n , m , l ; bzw. k Kohlenstoffatomen. Die Kodierung in Tabelle B ist selbsterklärend. Tabelle A zeigt nur die jeweiligen Kerngerüste der Strukturen. Die einzelnen Verbindungen werden durch die Angabe der Bezeichnung des Kerns gefolgt durch eine mittels Bindestrich abgetrennte Bezeichnung für die Substituenten R_1 , R_2 , L_1 und L_2 die im Folgenden gegeben wird:

	Kode für R_1 , R_2 , L_1 , L_2	R_1	R_2	L_1	L_2
15	nm	C_nH_{2n+1}	C_mH_{2m+1}	H	H
	nom	OC_nH_{2n+1}	OC_mH_{2m+1}	H	H
	nO.m	OC_nH_{2n+1}	C_mH_{2m+1}	H	H
	n	C_nH_{2n+1}	CN	H	H
	nN.F	C_nH_{2n+1}	CN	H	F
20	nF	C_nH_{2n+1}	F	H	H
	nOF	OC_nH_{2n+1}	F	H	H
	nCl	C_nH_{2n+1}	Cl	H	H
	nF.F	C_nH_{2n+1}	F	H	F
25	nmF	C_nH_{2n+1}	C_mH_{2m+1}	F	H
	nCF ₃	C_nH_{2n+1}	CF ₃	H	H
	nOCF ₃	C_nH_{2n+1}	OCF ₃	H	H
	nOCF ₂	C_nH_{2n+1}	OCHF ₂	H	H
	nS	C_nH_{2n+1}	NCS	H	H
30	RVsN	$C_rH_{2r+1}-CH=CH-C_sH_{2s}-$	CN	H	H
	ResN	$C_rH_{2r+1}-O-C_sH_{2s}-$	CN	H	H
	nam	C_nH_{2n+1}	COOC _m H _{2m+1}	H	H
	nF.Cl	C_nH_{2n+1}	Cl	H	F

Tabelle A:

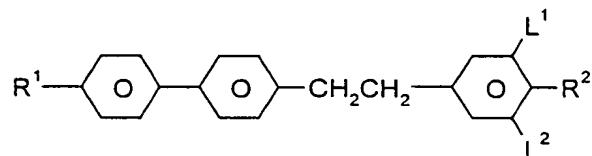
5		
	PYP	PYRP
10		
	BCH	CBC
15		
	CCH	CCP
20		
	CP	CPTP
25		
	CEPTP	
30		
	D	ECCP





5

BEP

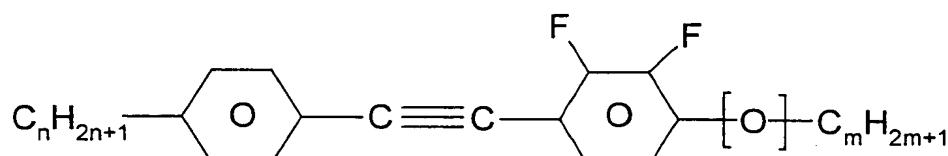


10

四

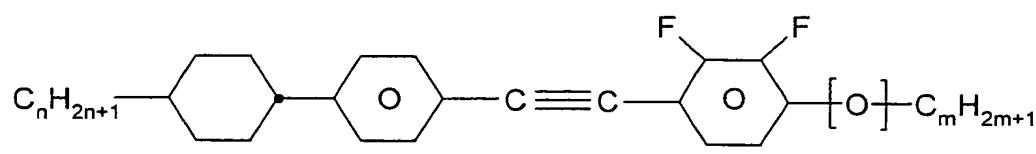
Tabelle B:

15



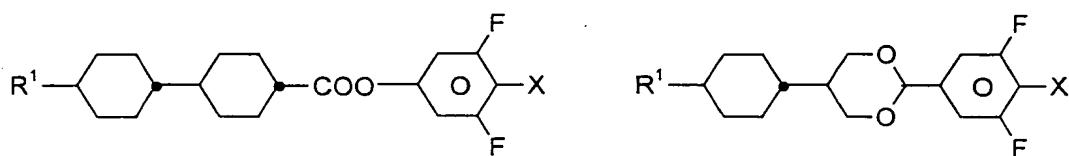
PTP-n(O)mFF

20



CPTP-n(O)mFF

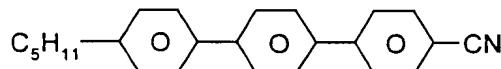
25



CCZU-n-X

CDU-n-X

30

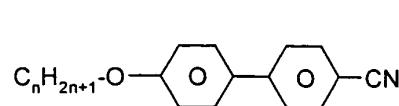
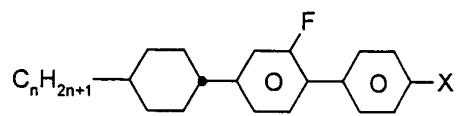


$$\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CN}$$

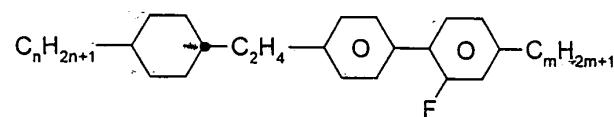
T15

K3n

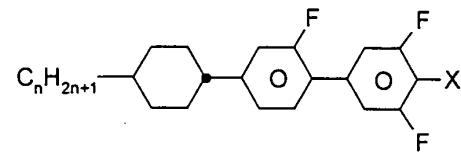
35

**M3n****BCH-nFX**

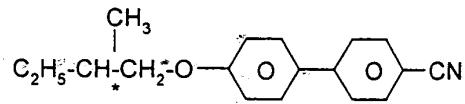
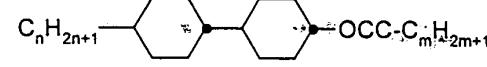
5

**lmn**

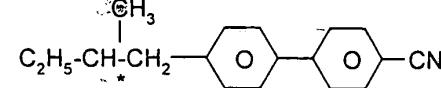
10

**CGU-n-X**

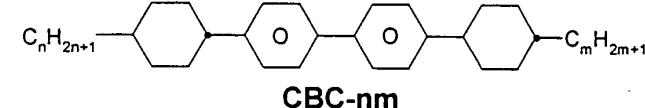
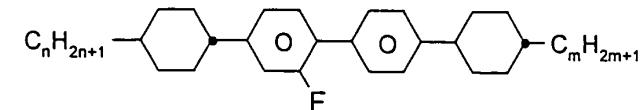
15

**C-nm****CG15**

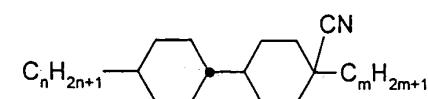
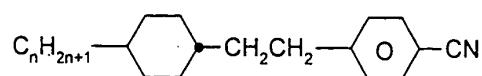
20

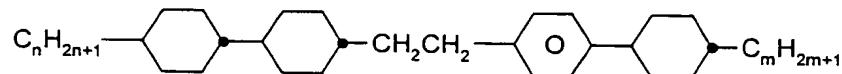
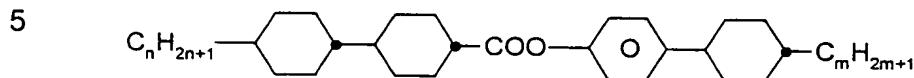
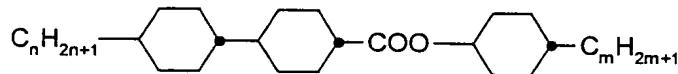
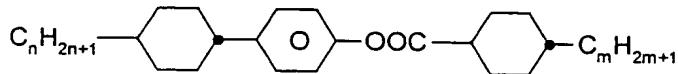
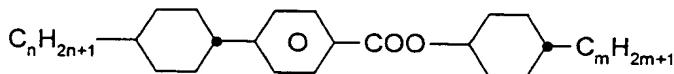
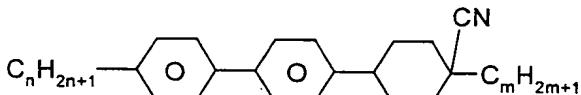
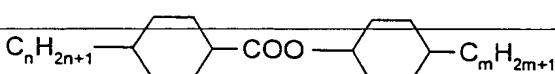
**CB15**

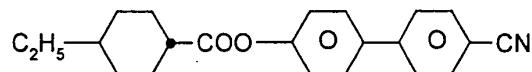
25

**CBC-nm**

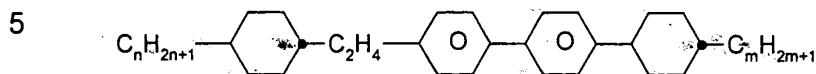
30

CBC-nmF**CCN-nm****G3n**

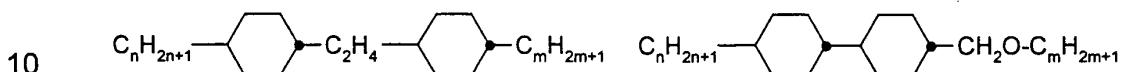
**CCEPC-nm****CCPC-nm****CPCC-n-m****CH-nm****HD-nm****HH-nm****NCB-nm****OS-nm**



~~ECHE~~

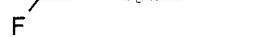


~~ECBC-nm~~



~~ECCH-nm~~

~~CCH-n1EM~~

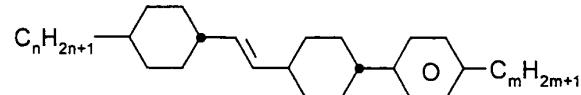


~~T-nFN~~

~~BenzOIFN~~



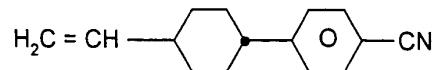
~~CVCC-n-m~~



~~CVCP-n-m~~

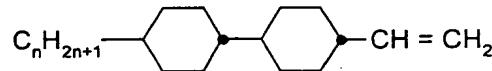
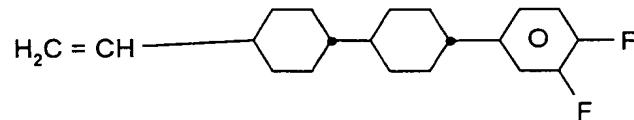
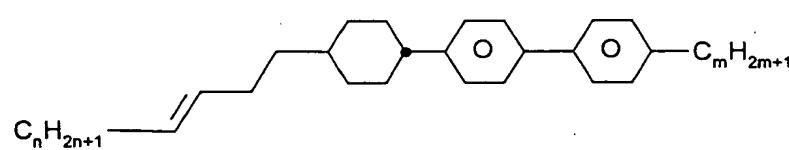
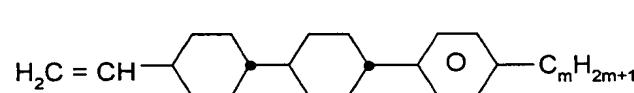
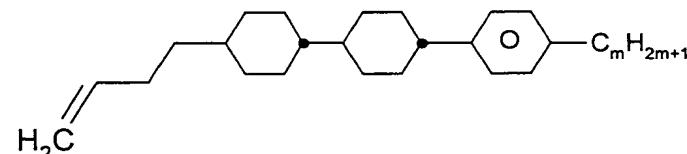
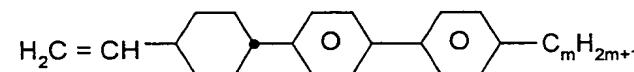
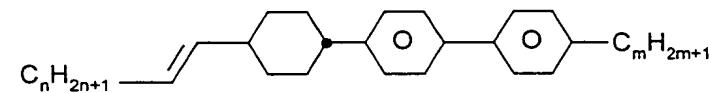


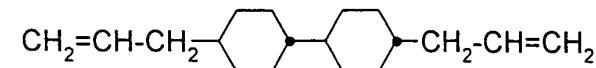
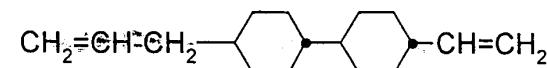
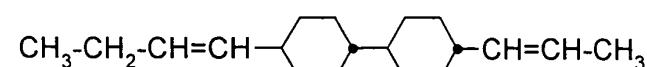
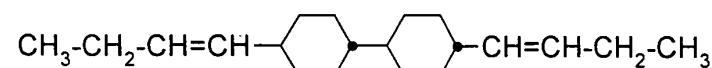
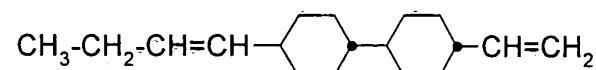
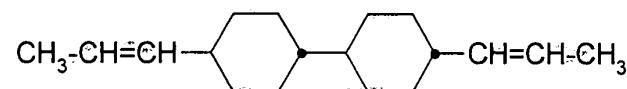
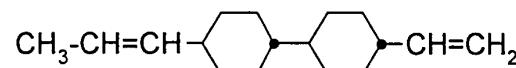
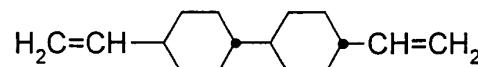
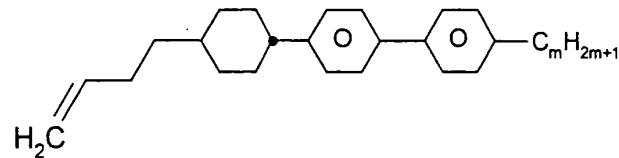
~~CVVCVC-n-m~~

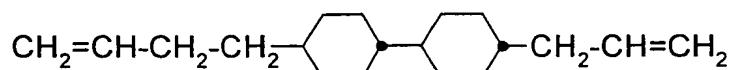


35

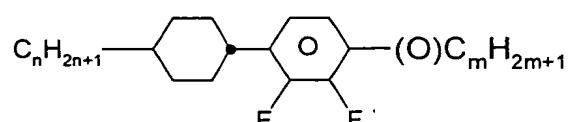
~~CP-V-N~~

**CC-n-V****CCG-V-F****CPP-nV2-m****CCP-V-m****CCP-V2-m****CPP-V-m****CPP-nV-m**

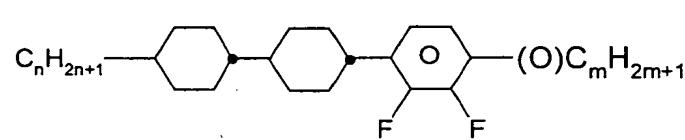


**CC-V2-1V**

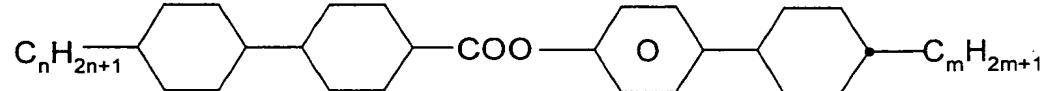
5

**PCH-n(O)mFF**

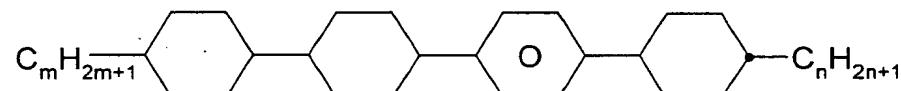
10

**CCP-n(O)mFF**

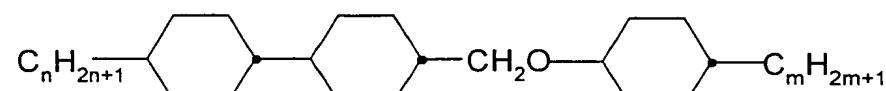
15

**CCPC-nm**

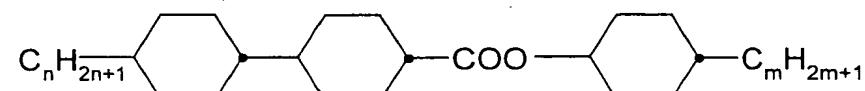
20

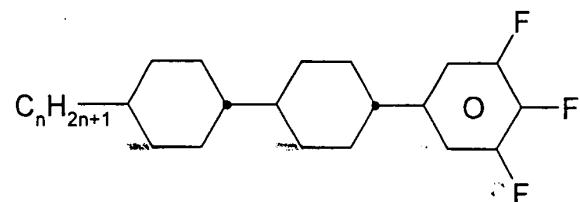
**CPCC-n-m,**

25

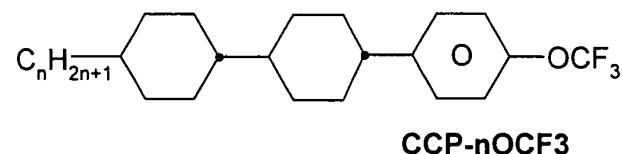
**CCOC-n-m**

30

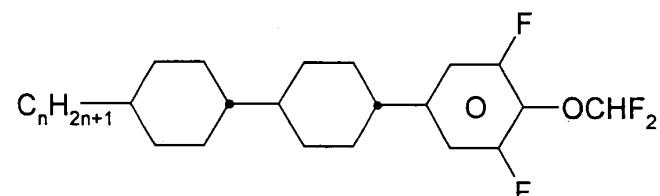
**CH-nm**



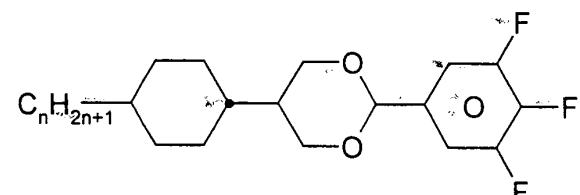
CCP-nF.F.F



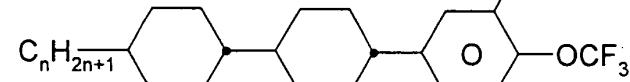
CCP-nOCF3



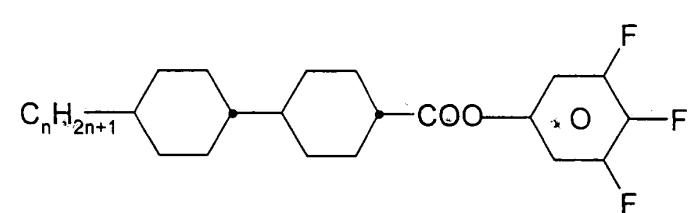
CCCP-nOCF2.F.F



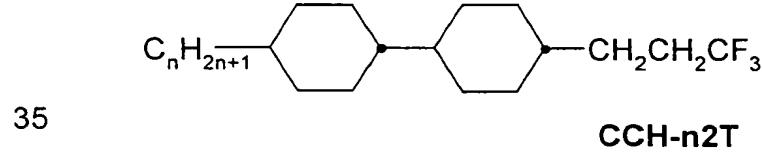
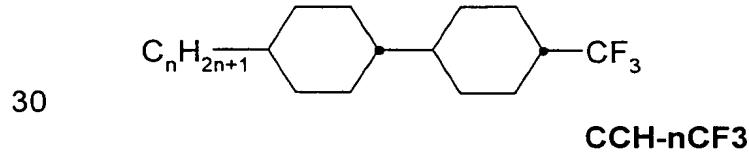
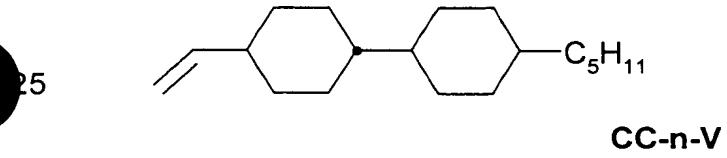
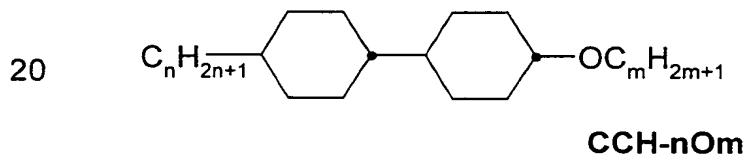
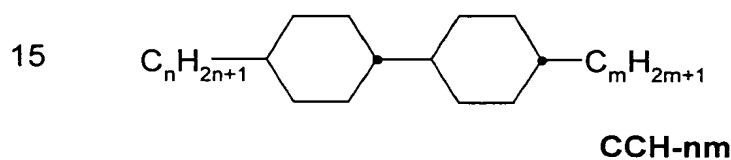
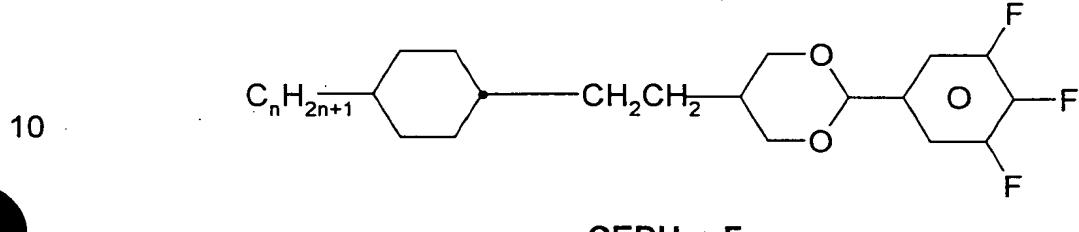
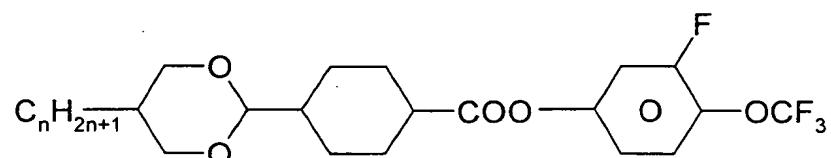
CDU-n-F

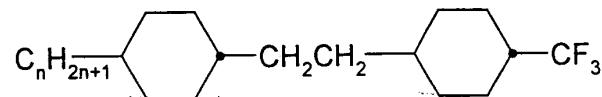


CCP-nOCF3.F

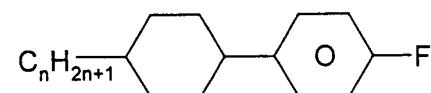


CCZU-n-F

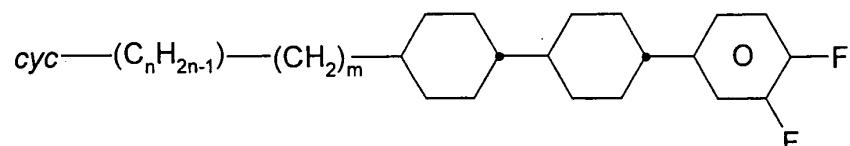




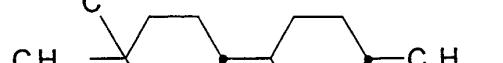
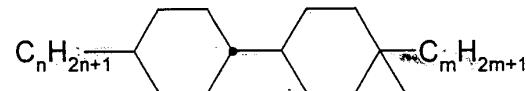
ECCH-nCF3



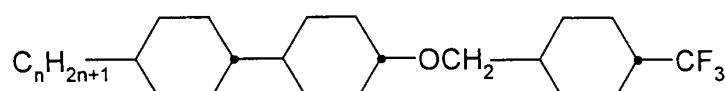
PCH-nF



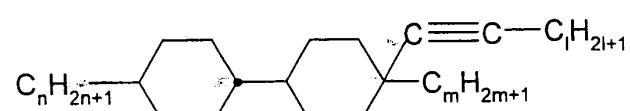
CCG-(c n)m-F



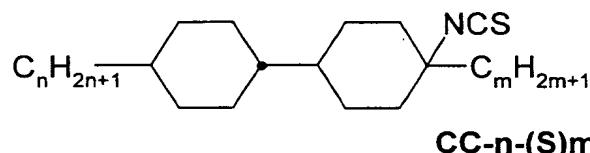
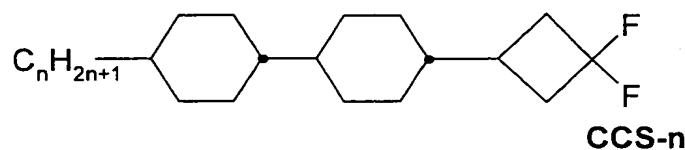
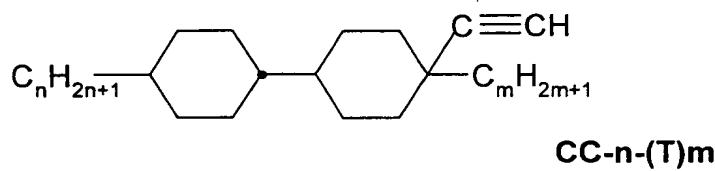
CCTTCC-n-m-l-k



CCOIC-n-T oder CHO-nCF3



CC-n-(T l)m



Die Flüssigkristallmischungen der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt:

20

- vier oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabellen A und B und/oder
- fünf oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle B und/oder
- zwei oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle A.

25

Im folgenden wird der Effekt der vorliegenden Erfindung anhand von Abbildungen und Beispielen illustriert und mit dem Stand der Technik verglichen.

Beispiele

30

Die nachfolgenden Beispiele sollen die vorliegende Erfindung erläutern ohne sie in irgendeiner Weise zu beschränken.

Beispiel 1

Es wurde ein Flüssigkristallschaltelement realisiert mit antiparalleler Rasterorientierung und einer Polyimidorientierungsschicht, Twistwinkel 0° ,
5 Oberflächentiltwinkel $1,4^\circ$. Das Schaltelement enthielt eine $\lambda/4$ -Schicht und gekreuzte Polarisatoren, die einen Winkel von 45° zur Reiberichtung der Substrate einnahmen. Die optische Verzögerung der Flüssigkristallschicht betrug $0,288 \mu\text{m}$. Die Zusammensetzung der verwendeten Flüssigkristallmischung ist in der folgenden Tabelle, gemeinsam mit den Eigenschaften 10 der Mischung als solche, sowie den charakteristischen Spannungen im erfundungsgemäßen Schaltelement angegeben.

Die Abbildung 1a zeigt die Anordnung der wesentlichsten Bestandteile der Schaltelemente der ersten bevorzugten Ausführungsform und den Strahlengang in Seitenansicht. Es bedeuten:
15

BL: Hintergrundbeleuchtung (backlight),
P: Polarisator bzw. Analysator (Absorptionsrichtung),
z: Normale zur Anzeigenoberfläche und
n||: Vorzugsrichtung des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der 20 Schicht.

Abbildung 1b zeigt die Orientierung der relevanten Achsen in Aufsicht. Die Symbole aus Abbildung 1a werden auch hier verwendet, soweit sinnvoll.

25 In Abbildung 2 ist die Definition der Betrachtungswinkel in der Ebene der Anzeige (Φ bzw. Φ') und senkrecht zum Lot (Θ) gezeigt.

Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CH-33	Klärpunkt T (N,I) = +68,0 °C
	CH-35	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0602
	CCP-2F.F.F	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +10,3
	CCZU-2-F	γ_1 (20 °C) = 161 m Pa s
	CCZU-3-F	$d \cdot \Delta n = 0,288 \mu\text{m}$
10	CCZU-5-F	Twist = 0°
	CDU-2-F	V_0 (20 °C) = 0,99 V
	CDU-3-F	V_{10} (20 °C) = 1,29 V
	CDU-5-F	V_{50} (20 °C) = 1,76 V
15	CCH-3CF3	V_{90} (20 °C) = 3,15 V
	CCH-5CF3	
15	CCPC-34	4,0

Das Flüssigkristallschaltelement wurde bezüglich seiner Transmission bei Variation des Analysatorwinkels untersucht. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Doppelbrechung betrug 276 nm.

20 Es ist sehr gut zu erkennen, daß im spannungsfreien Zustand bei parallelen Polarisatoren, also jeweils bei Winkeln Ψ_{PP} von 0°, 180° und 360° minimale Transmission auftritt und, daß diese minimale Transmission bis fast auf 0 % hinunter geht. Diese einander identischen Polarisationstellungen entsprechen dem „normally black“ Modus. Bei gekreuzten Polarisatoren, also bei Winkeln Ψ_{PP} von 90° und 270°, die dem „normally white“ Modus entsprechen, tritt die maximale Transmission auf.

25 Dann wurde die elektrooptische Kennlinie unter verschiedenen Betrachtungswinkeln sowohl mit dem selbst hergestellten Gerät, als auch mit dem Gerät von Autronic-Melchers aufgenommen. Die mit dem selbst hergestellten Gerät erhaltenen Ergebnisse für zwei Zellen und zwei Winkel sind in beispielhaft Abbildung 4 dargestellt.

Hier ist die Transmissions-Spannungskennlinie eines erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements im „normally white mode“ dargestellt. Es werden drei Kurven gezeigt. Die beiden übereinander liegenden Kurven sind Ergebnisse für zwei verschiedene Zellen, beide bei $\Theta = 0^\circ$. Sie zeigen die 5 gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Die dritte Kurve wurde unter $\Theta = 30^\circ$, $\Phi = 45^\circ$ erhalten. Sie zeigt den flacheren Anstieg bei einem größeren Blickwinkel Θ im besten Quadrant.

Die maximale Transmission im spannungsfreien Zustand beträgt ca. 45 %. 10 Sie wird im wesentlichen von der Transmission der Polarisatoren bestimmt. Bei hohen Ansteuerspannungen von ca. 6 bis 7 V wird eine sehr geringe Transmission erreicht.

Die spektrale Verteilung der Transmission für das mit verschiedenen 15 Spannungen angesteuerte Element wurde bestimmt, siehe Abbildung 7. Hier sind die Wellenlängenabhängigkeiten der Transmission des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements als durchgehende Kurven im Vergleich zu denen einer TN-Anzeige mit $d \cdot \Delta n = 0,5 \mu\text{m}$ aus Vergleichsbeispiel 1 (gestrichelte Kurven) dargestellt. Die drei Sätze von Kurven entsprechen den Ansteuerspannungen für 10, 50 und 90% relativem Kontrast. Es fällt auf, daß die spektrale Verteilung in beiden Schaltelementen 20 nahezu identisch ist, und, daß, das Spektrum annähernd farblos ist. Es ist allenfalls eine geringfügige Abnahme der integralen Transmission bei dem erfindungsgemäßen Element gegenüber dem TN-Schaltelement zu beobachten.

Anschließend wurde die Transmission des angesteuerten Elements in der 25 Halbkugel über dem Element mit dem Gerät von Autronic-Melchers vermessen, wie in Abbildung 8b) dargestellt. Abbildung 8a), zeigt die des Vergleichsbeispiels 1 und Abbildung 8b) die erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelemente aus dem vorliegenden Beispiel 1. Bei Abbildung 8 wurde die Darstellung in Polarkoordinaten, wie in Abbildung 2 definiert, gewählt. Die Transmission wird für jeden Punkt in der Halbkugel über dem Flüssigkristallschaltelement bei einer festen Ansteuerspannung die zu einer minimalen Transmission von 10% führt bestimmt. Punkte gleicher 30 Transmission sind mit dem gleichen Grauton gekennzeichnet. Die 35

Isotransmissionslinien sind gestaffelt in Abständen von jeweils 10% absolut. Der dunkelste Bereich entspricht einer Transmission von 0 bis 10 %, einschließlich, der nächste graue Bereich von 10 bis 20% einschließlich der oberen Grenze, der hellgraue Bereich von 20 bis 30 % einschließlich der oberen Grenze und so weiter. Die weiteren Bereiche sind nicht grau getönt.

In direkten Vergleich fällt die deutlich geringere Blickwinkelabhängigkeit der Transmission des erfindungsgemäßen Schaltelements deutlich ins Auge.

Schließlich wurden Isokontrastmessungen mit dem Gerät von Autronic-Melchers durchgeführt. Hierbei wurden als die beiden Ansteuerspannungen die Schwellenspannung (V_{10}) und die Sättigungsspannung (V_{90}) verwendet. Die beiden Ansteuerspannungen betragen 1,13 V und 2,64 V.

Das Ergebnis ist in Abbildung 9a) dargestellt. Das maximale Kontrastverhältnis betrug hier 9,6 und das minmale Kontrastverhältnis 0,58. Somit ist die Blichwinkelabhängigkeit des Kontrastverhältnisses (CR) über den gesamten Blickwinkelbereich sehr gering und es tritt nur ein gemäßigter inverser Kontrast ($CR_{min} = 0,58 < 0$) auf.

Die drei Teile von Abbildung 9 zeigen die Isokontrastkurven für drei verschiedenen Schaltelementen. Die Kurven verbinden jeweils Punkte gleichen Kontrastverhältnisses. Die Kontrastverhältnisse nehmen, angefangen mit der kürzesten geschlossenen Kurve, sukzessive nach außen hin ab. Der bevorzugte Quadrant mit dem höchsten Kontrastverhältnis bei $\Phi = -45^\circ$ (entspicht 315°) liegt in der Abbildung rechts unten.

Die Ergebnisse für das erfindungsgemäße Schaltelement des vorliegenden Beispiels 1 sind in Abbildung 9a) gezeigt. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 7, 5, 3, 2 und 1.

Abbildung 9b) zeigt die Ergebnisse für das erfindungsgemäße Schaltelement des Beispiels 2. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für die selben Kontrastverhältnisse wie bei Abbildung 9a), wobei lediglich die letzte Kurve entfällt, also für 7, 5, 3 und 2.

Abbildung 9c) zeigt die Ergebnisse für das TN-Schaltelement des Vergleichsbeispiels 1. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 10, 7, 5, 3, 2 und 1.

5 Der direkte Vergleich zwischen den Werten für die Schaltelemente der Beispiele 1 und 2 ergibt folgendes. Bezogen auf den Betrachtungswinkel Θ hat Beispiel 2 eindeutig den besseren, breiteren Blickwinkelbereich. Auch bezüglich der integralen Betrachtung ist das Element des Beispiels 2 dem des Beispiels 1 leicht überlegen. Im Gegensatz dazu ist der Blickwinkelbereich des Elements des Beispiels 1 in Bezug auf den Betrachtungswinkel Φ deutlich besser. Dies ist insbesondere im Bereich des Quadranten der gerigsten Kontrastes zu bemerken. Dadurch wird der Blickwinkelbereich deutlich stärker zentrosymmetrisch.

10

15 Eine weitere Diskussion der Ergebnisse ist bei der Beschreibung der jeweiligen Abbildungen gegeben.

20 Es würden ferner Schaltzeiten für verschiedene Schaltspannungen bestimmt. Exemplarische Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgelistet. Insbesondere im Vergleich mit den Ergebnissen für das TN-Schaltelement des Vergleichsbeispiels 1 sind die überraschend kurzen Schaltzeiten der erfindungsgemäßen Schaltelemente bemerkenswert. Die Schaltzeiten wurden unter drei verschiedenen Ansteuerbedingungen ermittelt. Zunächst wurden in zwei Serien die Schaltzeiten für einen Wechsel von einer Spannung von 0 Volt auf eine festen Wert und zurück bestimmt. In der ersten Serie war die Spannung des eingeschalteten Zustands 9,9 Volt und in der zweiten Serie 5,0 Volt. In der dritten Serie wurde von V_{10} nach V_{90} und zurück geschaltet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

25

30

Tabelle 3: Schaltzeiten

	Beispiel Nr.	V_{off} /V	V_{on} /V	τ_{delay} /ms	τ_{rise} /ms	τ_{on} /ms	τ_{off} /ms	τ_{sum} /ms
5	VB 1	0	9,9	2,60	0,78	3,39	52,3	55,7
	1	0	9,9	1,43	0,78	2,23	25,2	27,4
10	VB 1	0	5,0			9,6	52,3	56,5
	1	0	5,0			9,6	24,8	28,1
15	VB 1	1,11	1,73	3,39	34,4	37,8	83,6	121,4
	1	1,26	3,07	0,65	8,98	..9,64	32,8	42,4

20 Beispiel 2

Es wurde ein Schaltelement wie das des Beispiels 1 hergestellt, nun jedoch ohne $\lambda/4$ -Schicht.

25 Das Schaltelement hatte sowohl im selbst hergestellten Gerät, als auch im Gerät von Autronic-Melchers nahezu dieselben elektrooptischen Kennlinien bei einem Betrachtungswinkel von 0° . Auch der maximale Kontrast war praktisch identisch. Die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts war bei visueller Begutachtung hervorragend. Dies wurde durch Messung der Isokontrastkurven unter den gleichen Bedingungen wie bei Beispiel 1 bestätigt. Wie bei Beispiel 1 betragen die beiden Ansteuerspannungen 1,13 V
30 und 2,64 V. Das Ergebnis ist in Abbildung 9b) dargestellt. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für die selben Kontrastverhältnisse wie bei Abbildung 9a), wobei lediglich die letzte Kurve entfällt, also für 7, 5, 3 und 2. Das maximale Kontrastverhältnis betrug hier 10,0, das minmale 1,08. Also trat unter diesen Bedingungen überhaupt
35 kein inverser Kontrast auf.

Vergleichsbeispiel 1

5 Analog zu Beispiel 1 wurde ein Flüssigkristallschaltelement hergestellt und untersucht; nun jedoch ein TN-Schaltelement mit einer optischen Verzögerung von 0,50 μm , ohne weitere doppelbrechende Schicht, mit gekreuzten Polarisatoren, die auch zu den Reiberichtungen gekreuzt waren.

10 15 Die Zusammensetzung der verwendeten Flüssigkristallmischung ist in der folgenden Tabelle gezeigt, ebenso wie die Eigenschaften der Mischung und die charakteristischen Spannungen der TN-Elements.

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
15	BCH-2F.F	9,0	
	BCH-3F.F	9,0	Klärpunkt $T_{(N,I)} = +69,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	BCH-3F.F.F	5,0	$\Delta n^*(589 \text{ nm}, 20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = +0,1039$
	BCH-5F.F.F	7,0	$\Delta \epsilon (1 \text{ kHz}, 20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = +10,2$
20	CGU-2-F	10,0	$\gamma_1 (20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 156 \text{ m Pa s}$
	CGU-3-F	9,0	$D \cdot \Delta n = 0,50 \mu\text{m}$
	CCP-3F.F.F	10,0	Twist = 90°
	CCP-5F.F.F	6,0	$V_0 (20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,94 \text{ V}$
25	CCZU-2-F	4,0	$V_{10} (20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 1,08 \text{ V}$
	CCZU-3-F	13,0	$V_{50} (20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 1,35 \text{ V}$
	CCG-V-F	15,0	$V_{90} (20 \text{ }^{\circ}\text{C}) = 1,72 \text{ V}$
	BCH-32	3,0	

30 Die elektrooptische Kennlinie des TN-Schaltelements ist in Abbildung 5 dargestellt. Die beiden Kurven wurden an zwei Zellen, beide bei $\Theta = 0^{\circ}$ aufgenommen. Im Vergleich mit Abbildung 4 zeigt Abbildung 5, daß die Kennlinien des TN-Schaltelement mit $d \cdot \Delta n$ von $0,5 \mu\text{m}$ (entsprechend dem 1. Minimum nach Gooch und Tarry) dieses Vergleichsbeispiels 1 deutlich steiler und somit ungünstiger zu Darstellung von Graustufen sind, als die des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements des Beispiels 1.

Hierbei ist zu beachten, daß sowohl im normally white mode als auch im normally black mode die Verringerung der Steilheit der Kennlinie der erfindungsgemäßen Schaltelemente gegenüber dem Stand der Technik bei großen Spannungen am stärksten ausgeprägt ist. Da das menschliche

5 Auge auf Transmissionsänderungen im Bereich geringer Transmission (also geringerer Helligkeit) empfindlicher reagiert als im Bereich großer Transmission (also größerer Helligkeit) ist der Effekt bei im "normally white" Modus günstiger als im "normally black" Modus, da er im "normally white" Modus im Bereich geringerer Transmission auftritt.

10

Die spektrale Verteilung der Transmission ist in Abbildung 7 direkt mit der des Elements des Beispiels 1 verglichen.

15

Abbildung 8a) zeigt die Isotransmissionsergebnisse für dieses Vergleichsbeispiel 1, die unter denselben Bedingungen erhalten wurden wie die Ergebnisse für Beispiel 1. Die Ergebnisse wurden bereits bei Beispiel 1 diskutiert.

20

Abbildung 9c) zeigt die Isokontrastergebnisse die unter den gleichen Bedingungen wie bei Beispiel 1 erhalten wurden. Die beiden Ansteuerspannungen betrugen 1,07 V und 1,71 V, entsprechend V_{10} bzw. V_{90} . Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 10, 7, 5, 3, 2 und 1. Das maximale Kontrastverhältnis betrug 15, das minimale Kontrastverhältnis 0,43. Somit ist offensichtlich die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts deutlich stärker ausgeprägt als bei den Schaltelementen der Beispiele 1 und 2. Außerdem tritt ein deutlicher inverser Kontrast auf (Kontrastverhältnisse kleiner als 1). Das scheinbar größere maximale Kontrastverhältnis im Vergleich zu den Beispielen 1 und 2 ist vermutlich auf die Meßbedingungen zurückzuführen. Bei separaten Messungen der Transmission unter senkrechter Beobachtung und unter Ansteuerung mit ausreichend hohen Spannungen wurde für alle drei Arten von Schaltelementen der selbe Kontrast bestimmt.

30

Die Schaltzeiten sind in Tabelle 1 mit aufgenommen. Wie aus der Tabelle 35 1 eindeutig hervorgeht ist die Summenschaltzeit des erfindungsgemäßen Schaltelements bei jeder der drei Ansteuerbedingungen nahezu halbiert

gegenüber der des konventionellen TN-Schaltelements. Dies ist um so überraschender, da beide Schaltelemente die selbe Schichtdicke (jeweils 4,8 μm) aufweisen. Auch die Rotationsviskositäten können die beobachte Änderung der Schaltzeiten nicht erklären. Die Rotationsviskosität der Flüssigkristallmischung des Beispiels 1 ist fast genau so groß wie die der Flüssigkristallmischung des Vergleichsbeispiels 1. Sie ist um 3 % größer, woraus sogar eher eine entsprechende Steigerung der Schaltzeiten zu erwarten gewesen wäre.

10 Beispiel 3

Es wurde ein Schaltelement wie in Beispiel 1 mit $\lambda/4$ -Platte realisiert. Allerdings wurde hier als Flüssigkristallmaterial ZLI-4792, ein Handelsprodukt der Merck KgaA verwendet. Dieses Material hat eine Doppelbrechung von 0,0969. Die Schichtdicke der Flüssigkristallschicht betrug 3,0 μm . Die Schichtdicke betrug 5,1 μm . Die elektrooptische Kennlinie für ein „normally black“ Schaltelement (mit parallelen Polarisatoren) wurde unter einem Beobachtungswinkel von $\Phi = -45^\circ$ und $\Theta = 10^\circ$ bestimmt, wie in Beispiel 1 beschrieben. Das Ergebnis ist in Abbildung 6 dargestellt.

20 In dieser Abbildung 6 ist im Vergleich die Kennlinie eines TN-Schaltelements mit $d \cdot \Delta n$ von 0,50 μm und eines erfindungsgemäßen Schaltelements beide mit nahezu derselben kapazitiven Schwelle, auch Fréedericksz Schwelle genannt, dargestellt. Die Kurven wurden unter Beobachtungswinkeln von $\Theta = 10^\circ$, $\Phi = -45^\circ$ erhalten. Im direkten Vergleich mit diesem Flüssigkristallschaltelement aus dem Stand der Technik fällt auf, daß bei nahezu unveränderter maximaler Transmission das erfindungsgemäße Schaltelement sowohl eine deutlich geringere Steilheit aufweist als das vergleichbare TN-Schaltelement, als auch keinerlei Anzeichen von inversem Kontrast zeigt. Hierdurch eignet sich das erfindungsgemäße Schaltelement deutlich besser zur Darstellung von Graustufen und insbesondere von Farbstufen.

Vergleichsbeispiel 2

Analog zu Beispiel 3 wurde ein Schaltelement mit ZLI-4792 realisiert, diesmal jedoch ein TN-Schaltelement im ersten Transmissionsminimum (optische Verzögerung $0,50 \mu\text{m}$), wie in Vergleichsbeispiel 1 realisiert. Wie in Beispiel 3 wurde die elektrooptische Kennlinie bei einem Betrachtungswinkel von $\Phi = -45^\circ$ und $\Theta = 10^\circ$ bestimmt. Das Ergebnis ist zum Vergleich mit dem des Beispiels 3 in Abbildung 6 dargestellt.

10 Das Auftreten des inversen Kontrasts, also die Umkehr der Steigung der elektrooptischen Kennlinie mit steigender Spannung ist bei der Kurve für das TN-Schaltelement ab einer Spannung von etwa 2,4 Volt deutlich zu erkennen. Im Gegensatz dazu verläuft die Kennlinie des erfindungsgemäßen Schaltelements deutlich flacher, hat also eine geringere Steigung (auch Steilheit genannt), die für die Darstellung von Graustufen besser geeignet ist. Darüberhinaus tritt unter diesem Blickwinkel bei dem erfindungsgemäßen Schaltelement überhaupt kein inverser Kontrast auf.

15

20 Im Folgenden werden weitere Beispiele (Nr. 4 bis 63) für erfindungsgemäße Schaltelemente und Flüssigkristallmischungen in Kurzform gegeben. Dabei werden für die Schaltelemente zur Vereinfachung lediglich die charakteristischen Spannungen V_{10} , V_{50} und V_{90} angegeben, die aus den elektrooptischen Kennlinien für „normally white“ Schaltelemente nach Beispiel 1, wie dort beschrieben, bestimmt wurden.

25

30

Beispiel 4

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-303	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-501	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0597
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-3F.F.F	12,0	γ_1 (20 °C) [m Pa s]
	CCP-5F.F.F	4,0	V_{10} (20 °C) = 1,80 V
	CCZU-2-F	5,0	V_{50} (20 °C) = 2,48 V
	CCZU-3-F	16,0	V_{90} (20 °C) = 4,44 V
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-45	3,0	

20

Beispiel 5

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CC-5-V	6,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-501	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz 20 °C) = +6,4
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,60 V
	CCP-5F.F.F	5,0	V_{50} (20 °C) = 2,23 V
	CCZU-2-F	6,0	V_{90} (20 °C) = 3,95 V
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
30	CH-35	2,0	
	CH-45	3,0	
35			

Beispiel 6

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	8,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-5CF3	12,0	Klärpunkt T (N,I) = +72,0 °C
	CC-5-V	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0578
	CCH-303	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-501	12,0	γ_1 (20 °C) = 129 m Pa s
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,72
10	CCP-3F.F.F	6,0	V_{50} (20 °C) = 2,34 V
	CCZU-2-F	6,0	V_{90} (20 °C) = 4,13 V
	CCZU-3-F	19,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
15	CCPC-34	3,0	

Beispiel 7

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CC-5-(S)3	10,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-301	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,5 °C
	CCH-303	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0568
	CCH-501	14,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,8
	CCP-2F.F.F	12,0	γ_1 (20 °C) = 142 m Pa s
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,64 V
	CCZU-2-F	6,0	V_{50} (20 °C) = 2,23 V
	CCZU-3-F	22,0	V_{90} (20 °C) = 3,98 V
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	3,0	
25	CCPC-34	4,0	

Beispiel 8

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-301	18,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0608
	CCH-303	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCH-501	5,0	V_{10} (20 °C) = 1,77 V
	CCP-2F.F.F	10,0	V_{90} (20 °C) = 4,28 V
10	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	4,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-45	3,0	

Beispiel 9

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
20	CC-5-V	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,5 °C
	CCH-301	18,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0596
	CCH-34	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,4
	CCH-501	6,0	V_{10} (20 °C) = 1,63 V
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{90} (20 °C) = 3,91 V
	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
30	CH-35	2,0	
	CH-45	3,0	

Beispiel 10

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	12,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CH-33	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CH-35	4,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0610
	CH-43	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,9
	CCP-2F.F.F	9,0	γ_1 (20 °C) = 154 m Pa s
10	CCZU-2-F	6,0	V_{10} (20 °C) = 1,49 V
	CCZU-3-F	16,0	V_{90} (20 °C) = 3,55 V
	CCZU-5-F	6,0	
	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	11,0	
15	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	8,0	
	CCPC-34	4,0	

Beispiel 11

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	ECCH-5CF3	20,0	Klärpunkt T (N,I) = +74,0 °C
	CC-5-V	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0585
	CCH-303	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-501	12,0	γ_1 (20 °C) = 141 m Pa s
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,79 V
	CCP-3F.F.F	6,0	V_{90} (20 °C) = 4,27 V
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	19,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	3,0	
25	CH-35	3,0	
	CCPC-34	3,0	
30			

Beispiel 12

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
5	CC-5-V	10,0	Übergang T(S,N) < -40,0 °C
	CCP-20CF3	6,0	Klärpunkt T(N,I) = +77,0 °C
	CCP-40CF3	4,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0608
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,4
	CCP-3F.F.F	11,0	V_{10} (20 °C) = 1,91 V
	CCP-5F.F.F	6,0	V_{90} (20 °C) = 4,66 V
10	CCP-20CF3.F	9,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CZU-3-F	10,0	
	CCPC-34	3,0	
	CC-5-(T)5	15,0	
15	CC-5-(T1)5	10,0	

Beispiel 13

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
20	CCH-501	12,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CH-33	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,5 °C
	CH-35	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CH-43	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,4
	CH-45	3,0	γ_1 (20 °C) = 160 m Pa s
	CCP-2F.F.F	9,0	V_0 (20 °C) = 1,22 V
	CCZU-2-F	6,0	V_{10} (20 °C) = 1,51 V
	CZU-3-F	15,0	V_{50} (20 °C) = 2,03 V
	CZU-5-F	6,0	V_{90} (20 °C) = 3,59 V
	CDU-2-F	9,0	
30	CDU-3-F	9,0	
	CDU-5-F	3,0	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	8,0	
35	CCPC-34	4,0	

Beispiel 14

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	17,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	14,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CCH-34	4,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0598
	CH-33	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,1
	CH-35	3,0	V_{10} (20 °C) = 1,65 V
	CH-43	3,0	V_{90} (20 °C) = 3,96 V
	CCPC-34	4,0	
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	9,0	
	CDU-5-F	8,0	

Beispiel 15

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-34	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +78,0 °C
	CC-5-V	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0601
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,6
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,72 V
	CCP-5F.F.F	6,0	V_{90} (20 °C) = 4,17 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCP-20CF3.F	2,0	
30	CCH-3CF3	10,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	
	CH-45	2,0	

Beispiel 16

	Zusammensetzung	Konz. /%	Eigenschaften
5	CCH-301	16,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +95,5 °C
	CCH-35	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0608
	CCH-5CF3	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,5
	CCP-2F.F.F	10,0	V_{10} (20 °C) = 2,26 V
10	CCP-3F.F.F	8,0	V_{90} (20 °C) = 5,41 V
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	13,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CCPC-33	3,0	
15	CCPC-34	4,0	
	CCPC-35	4,0	
	CCOC-3-3	3,0	
	CCOC-4-3	5,0	
	CCOC-3-5	2,0	

20

Beispiel 17

25

30

35

	Zusammensetzung	Konz. /%	Eigenschaften
	CCH-301	14,0	Klärpunkt T (N,I) = +71,0 °C
	CCH-303	18,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0593
	CCH-501	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CCH-34	6,0	
	CCH-35	6,0	
	CCP-20CF3	5,0	
	CCP-40CF3	5,0	
	CCP-50CF3	7,0	
	CCP-2F.F.F	12,0	
	CCP-3F.F.F	15,0	
	CCP-5F.F.F	8,0	

Beispiel 18

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-303	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-501	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0597
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,80 V
	CCP-5F.F.F	4,0	V_{90} (20 °C) = 4,44 V
10	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
15	CH-45	3,0	

Beispiel 19

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CC-5-V	6,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-501	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,4
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,60 V
	CCP-5F.F.F	5,0	V_{90} (20 °C) = 3,94 V
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
25	CH-35	2,0	
	CH-45	3,0	
30			

Beispiel 20

	Zusammensetzung	Konz. /%	Eigenschaften
5	CC-5-V	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-34	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0601
	CCH-501	7,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +6,6
	CCP-2F.F.F	11,0	V ₁₀ (20 °C) = 1,57 V
	CCP-3F.F.F	12,0	V ₉₀ (20 °C) = 3,89 V
10	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CCH-301	20,0	
	CH-35	2,0	
	CCP-20CF2.F.F	2,0	

Beispiel 21

	Zusammensetzung	Konz. /%	Eigenschaften
20	CCH-301	23,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-303	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0610
	CCH-501	4,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +4,1
	CCP-30CF3	3,0	V ₁₀ (20 °C) = 2,10 V
	CCP-40CF3	3,0	V ₉₀ (20 °C) = 5,05 V
	CCP-50CF3	3,0	
	CCP-2F.F.F	5,0	
	CCP-3F.F.F	10,0	
	CCP-5F.F.F	8,0	
	CC-5-V	16,0	
30	CCP-30CF3.F	6,0	
	CCP-50CF3.F	8,0	
	CCP-30CF2.F.F	4,0	
	CCP-50CF2.F.F	4,0	

Beispiel 22

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	23,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-303	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0610
	CCH-501	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,1
	CCP-30CF3	3,0	V_{10} (20 °C) = 2,10 V
	CCP-40CF3	3,0	V_{90} (20 °C) = 5,05 V
10	CCP-50CF3	3,0	
	CCP-2F.F.F	5,0	
	CCP-3F.F.F	10,0	
	CCP-5F.F.F	8,0	
	CC-5-V	16,0	
15	CCP-30CF3.F	6,0	
	CCP-50CF3.F	8,0	
	CCP-30CF2.F.F	4,0	
	CCP-50CF2.F.F	4,0	

20

25

30

35

Beispiel 23

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	16,0	Übergang $T_g(S;N) < -30,0$ °C
	CCH-301	16,0	Klärpunkt $T_f(N,I) = -86,0$ °C
	CCH-303	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0606
	CCH-501	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CCP-2F.F.F	7,0	γ_1 (20 °C) = 123 m Pa s
10	CCP-3F.F.F	5,0	V_{10} (20 °C) = 2,18 V
	CCZU-2-F	4,0	V_{90} (20 °C) = 5,30 V
	CCZU-3-F	13,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CH-33	2,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	2,0	
	CH-45	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCPC-35	2,0	
20	CCP-50GF2.F.F	7,0	
	PCH-7F	~ 5,0	

25

30

35

Beispiel 24

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	20,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +95,0 °C
	CC-5-V	11,5	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CDU-2-F	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CDU-3-F	6,0	γ_1 (20 °C) = 127 m Pa s
10	CDU-5-F	3,0	V_{10} (20 °C) = 2,31 V
	CCZU-2-F	3,0	V_{90} (20 °C) = 5,55 V
	CCZU-3-F	11,0	
	CCZU-5-F	3,0	
	CH-33	3,0	
15	CH-35	2,0	
	CH-43	2,5	
	CCPC-33	5,0	
	CCPC-34	4,0	
	CCPC-35	4,0	
20			

Beispiel 25

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-301	18,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-501	8,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0602
	CCH-34	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
30	CH-45	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
35	CDU-2-F	11,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	7,0	

Beispiel 26

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	12,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CC-5-V	8,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0606
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,3
10	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	3,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCPC-33	2,0	

Beispiel 27

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	11,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0607
	CCP-3F.F.F	13,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
30	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	
35	CCPC-33	3,0	
	CCH-3CF3	8,0	

Beispiel 28

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-34	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0601
	CCH-301	20,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,6
	CCH-501	7,0	
	CH-35	2,0	
	CCP-2F.F.F	11,0	
10	CCP-3F.F.F	12,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCP-20CF2.F.F	2,0	
15			

Beispiel 29

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	17,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CC-5-V	14,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0605
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,7
	CCP-3F.F.F	10,0	γ_1 (20 °C) = 104 m Pa s
	CCP-5F.F.F	5,0	V_0 (20 °C) = 1,50 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	18,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	

Beispiel 30

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	18,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CCH-501	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CC-5-V	14,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-2F.F.F	9,0	
	CCP-3F.F.F	13,0	
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	2,0	
15	CH-35	3,0	
	CH-43	2,0	
	CH-45	3,0	

20

30

35

Beispiel 31

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	16,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-301	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +86,0 °C
	CCH-303	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0606
	CCH-501	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CCP-2F.F.F	7,0	V_{10} (20 °C) = 2,18 V
	CCP-3F.F.F	5,0	V_{90} (20 °C) = 5,30 V
10	CCZU-2-F	4,0	
	CCZU-3-F	13,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	2,0	
15	CH-45	3,0	
	CCPC-34	3,0	
	CCPC-35	2,0	
	CCP-50CF2.F.F	7,0	
	PCH-7F	5,0	

25

30

35

Beispiel 32

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
5	CCH-301	20,0	Übergang T _g (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T _g (N,I) = +95,0 °C
	CC-5-V	11,5	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CDU-2-F	6,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +4,0
	CDU-3-F	6,0	γ ₁ (20 °C) = 127 m Pa s
10	CDU-5-F	3,0	V ₁₀ (20 °C) = 2,31 V
	CCZU-2-F	3,0	V ₉₀ (20 °C) = 5,53 V
	CCZU-3-F	11,0	
	CCZU-5-F	3,0	
	CH-33	3,0	
15	CH-35	2,0	
	CH-43	2,5	
	CCPC-33	5,0	
	CCPC-34	4,0	
	CCPC-35	4,0	

20

25

30

35

Beispiel 33

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	18,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-501	8,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0602
	CCH-34	5,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CH-33	3,0	
	CH-34	3,0	
	CH-35	3,0	
10	CCPC-34	3,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
15	CDU-2-F	11,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	7,0	

Beispiel 34

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	11,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0607
	CCP-3F.F.F	13,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	17,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	3,0	
30	CH-43	3,0	
	CCPC-33	3,0	
	CCH-3CF3	8,0	

Beispiel 35

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
5	CC-5-V	14,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-303	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,0 °C
	CCH-501	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0597
	CCP-2F.F.F	10,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,5
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,80 V
	CCP-5F.F.F	4,0	V_{90} (20 °C) = 4,44 V
10	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCH-301	18,0	
15	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
	CH-43	3,0	

Beispiel 36

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
20	CC-5-V	6,0	Übergang T (S,N) = < -40,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +75,0 °C
	CCH-301	18,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0604
	CCH-501	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,4
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,61 V
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{90} (20 °C) = 3,94 V
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	5,0	
25	CH-35	2,0	
	CH-45	3,0	
30			

Beispiel 37

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CC-5-V	7,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-301	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CCH-303	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0630
	CCH-501	14,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,0
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,69 V
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{90} (20 °C) = 4,08 V
10	CCP-5F.F.F	4,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	22,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CH-33	2,0	
	CH-35	3,0	
15	CH-45	2,0	

Beispiel 38

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-303	11,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-501	17,0	Klärpunkt T (N,I) = +83,5 °C
	CH-33	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0624
	CH-35	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,7
	CH-45	3,0	γ_1 (20 °C) = 151 m Pa s
	CCP-5F.F.F	3,0	V_{10} (20 °C) = 1,51 V
	CCZU-2-F	6,0	V_{90} (20 °C) = 3,64 V
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	2,0	
25	CDU-2-F	10,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	8,0	
30			
35			

Beispiel 39

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	19,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CC-5-V	17,0	Klärpunkt T (N,I) = +76,5 °C
	CCP-20CF3	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0639
	CCP-40CF3	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +5,2
	CCP-2F.F.F	11,0	γ_1 (20 °C) = 92 m Pa s
10	CCP-3F.F.F	11,0	V_0 (20 °C) = 1,50 V
	CCP-5F.F.F	6,0	V_{10} (20 °C) = 1,87 V
	CCP-20CF3.F	9,0	V_{90} (20 °C) = 4,59 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	7,0	
15	CCPC-34	3,0	

Beispiel 40

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	20,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CC-5-V	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +70,5 °C
	CCP-20CF3	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0620
	CCP-40CF3	5,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,4
	CCZU-2-F	5,0	V_0 (20 °C) = 1,23 V
	CCZU-3-F	8,0	V_{10} (20 °C) = 1,52 V
	CCPC-34	4,0	V_{90} (20 °C) = 3,71 V
	CDU-2-F	12,0	
	CDU-3-F	14,0	
	CDU-5-F	10,0	

Beispiel 41

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	9,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-5CF3	12,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-302	10,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0633
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CCP-3F.F.F	11,0	V_{10} (20 °C) = 1,72 V
	CCP-5F.F.F	6,0	V_{90} (20 °C) = 4,13 V
	CCP-20CF3.F	3,0	
10	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	5,0	
	CH-35	6,0	
15			

Beispiel 42

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CH-33	4,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CH-35	3,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0645
	CCZU-2-F	6,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +11,2
	CCZU-3-F	16,0	V_{10} (20 °C) = 1,35 V
	CCZU-5-F	6,0	V_{90} (20 °C) = 3,26 V
	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	11,0	
	CDU-5-F	8,0	
	CCH-3CF3	11,0	
25	CCH-5CF3	9,0	
	CCPC-33	4,0	
	CCPC-34	3,0	
30			

Beispiel 43

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	7,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CH-33	4,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CH-35	4,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0624
	CH-43	4,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,5
	CCP-2F.F.F	12,0	γ_1 (20 °C) = 180 m Pa s
	CCZU-2-F	6,0	V_10 (20 °C) = 1,34 V
	CCZU-3-F	16,0	V_{90} (20 °C) = 3,23 V
	CCZU-5-F	6,0	
	CDU-2-F	9,0	
	CDU-3-F	11,0	
15	CDU-5-F	6,0	
	CCS-3	8,0	
	CCS-5	7,0	

Beispiel 44

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-301	14,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CC-5-V	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +79,5 °C
	CH-33	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0640
	CH-35	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,7
	CH-45	3,0	V_0 (20 °C) = 1,04 V
	CCP-2F.F.F	8,0	V_{10} (20 °C) = 1,33 V
	CCZU-2-F	6,0	V_{90} (20 °C) = 3,25 V
	CCZU-3-F	19,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	1,0	
	CDU-2-F	11,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	9,0	

Beispiel 45

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	ECCH-5CF3	21,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CC-5-V	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0654
	CH-33	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,5
	CCP-2F.F.F	12,0	γ_1 (20 °C) = 165 m Pa s
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,58 V
	CCP-5F.F.F	5,0	V_{90} (20 °C) = 3,88 V
10	CCP-20CF3.F	6,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	20,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	4,0	
15			

Beispiel 46

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-303	11,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	17,0	Klärpunkt T (N,I) = +84,5 °C
	CH-33	3,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0628
	CH-35	3,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,2
	CH-45	3,0	V_{10} (20 °C) = 1,58 V
	CCP-5F.F.F	3,0	V_{90} (20 °C) = 3,83 V
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CCPC-34	2,0	
30	CEDU-3-F	15,0	
	CEDU-5-F	15,0	

Beispiel 47

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-501	7,0	Übergang $T_g(S,N) < -40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
	CH-33	3,0	Klärpunkt $T_f(N,I) = +86,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
	CH-35	3,0	$\Delta n(589 \text{ nm}, 20 \text{ } ^\circ\text{C}) = +0,0645$
	CH-43	3,0	$\Delta \epsilon (1 \text{ kHz}, 20 \text{ } ^\circ\text{C}) = +10,2$
	CCP-2F.F.F	7,0	$V_{10} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 1,44 \text{ V}$
10	CCP-3F.F.F	5,0	$V_{90} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 3,44 \text{ V}$
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	CDU-2-F	9,0	
15	CDU-3-F	9,0	
	CDU-5-F	6,0	
	CCH-3CF3	7,0	
	CCH-5CF3	8,0	
	CCPC-34	3,0	
20	CCPC-33	3,0	

25

30

35

Beispiel 48

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-301	5,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CCH-501	16,0	Klärpunkt T (N,I) = +86,0 °C
	CCP-2F.F.F	12,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0622
	CCP-3F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +4,8
	CCP-5F.F.F	6,0	V_{10} (20 °C) = 2,10 V
10	CCP-20CF3	5,0	V_{90} (20 °C) = 4,98 V
	CCP-40CF3	6,0	
	CCP-20CF3.F	9,0	
	CH-33	4,0	
	CH-35	3,0	
15	CH-43	3,0	
	CH-45	3,0	
	CCPC-34	4,0	
	CCH-3CF3	6,0	
	CCH-5CF3	6,0	
20			

Beispiel 49

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-5CF3	10,0	Übergang T (S,N) < -30,0 °C
	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +79,5 °C
	CC-5-V	16,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0650
	CCP-2F.F.F	12,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,4
	CCP-3F.F.F	10,0	γ_1 (20 °C) = 113 m Pa s
	CCP-5F.F.F	7,0	V_{10} (20 °C) = 1,67 V
	CCP-20CF3.F	12,0	V_{90} (20 °C) = 4,08 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	16,0	
	CCZU-5-F	5,0	
30	CCPC-34	2,0	
35			

Beispiel 50

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
5	CCH-34	6,0	Übergang $T_g(S,N) < 40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
	CCH-3CF3	3,0	Klärpunkt $T_d(N,I) = +75,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta n (589 \text{ nm}, 20 \text{ } ^\circ\text{C}) = +0,0644$
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon (1 \text{ kHz}, 20 \text{ } ^\circ\text{C}) = +10,1$
	CCP-3F.F.F	10,0	$V_{10} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 1,42 \text{ V}$
	CCP-5F.F.F	6,0	$V_{90} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 3,47 \text{ V}$
10	CCP-20CF3.F	4,0	
	CCP-40CF3	8,0	
	CDU-2-F	10,0	
	CDU-3-F	12,0	
	CDU-5-F	10,0	
	CCOC-3-3	4,0	
15	CCOC-3-3	8,0	

Beispiel 51

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
20	CCH-34	6,0	Klärpunkt $T_d(N,I) = +81,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
	CC-5-V	11,0	$\Delta n (589 \text{ nm}, 20 \text{ } ^\circ\text{C}) = +0,0653$
	CC-3-2T	9,0	$\Delta \epsilon (1 \text{ kHz}, 20 \text{ } ^\circ\text{C}) = +7,7$
	CC-5-2T	9,0	$V_{10} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 1,70 \text{ V}$
	CCP-2F.F.F	11,0	$V_{90} (20 \text{ } ^\circ\text{C}) = 4,20 \text{ V}$
	CCP-3F.F.F	11,0	
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-40CF3	6,0	
	CCP-20CF3.F	5,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	

Beispiel 52

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CC-5-V	8,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0642
	CCH-3CF3	6,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +7,8
	CCH-5CF3	8,0	V ₁₀ (20 °C) = 1,68 V
	CCP-2F.F.F	11,0	V ₉₀ (20 °C) = 4,08 V
10	CCP-3F.F.F	11,0	
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CCP-20CF3.F	8,0	
	CCP-40CF3	4,0	
	CCOC-4-3	5,0	
	CCOC-3-3	2,0	

Beispiel 53

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
25	CCH-34	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +79,5 °C
	CC-5-V	14,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0649
	CCP-2F.F.F	11,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +9,5
	CCP-3F.F.F	11,0	V ₁₀ (20 °C) = 1,46 V
	CCP-5F.F.F	6,0	V ₉₀ (20 °C) = 3,60 V
	CCP-20CF3.F	6,0	
	CDU-2-F	10,0	
	CDU-3-F	14,0	
	CDU-5-F	10,0	
	CCOC-3-3	4,0	
30	CCOC-4-3	8,0	

Beispiel 54

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +78,5 °C
	CC-5-V	15,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0652
	CCH-5CF3	9,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +9,4
	CCP-2F.F.F	11,0	V_{10} (20 °C) = 1,48 V
	CCP-3F.F.F	11,0	V_{90} (20 °C) = 3,66 V
	CCP-5F.F.F	6,0	
10	CCP-40CF3	4,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
	DCZG-2-OT	4,0	
	DCZG-3-OT	4,0	
15	DCZG-5-OT	4,0	

Beispiel 55

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-34	5,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CC-5-V	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,5 °C
	CCH-3CF3	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0643
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,8
	CCP-2F.F.F	11,0	V_{10} (20 °C) = 1,69 V
	CCP-3F.F.F	11,0	V_{90} (20 °C) = 4,11 V
25	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCP-20CF3.F	8,0	
	CCP-40CF3	5,0	
30	CCOC-4-3	5,0	
	CCOC-3-3	2,0	
35			

Beispiel 56

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	5,0	Klärpunkt T (N,I) = +82,0 °C
	CC-3-2T	8,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0650
	CC-5-2T	8,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +6,5
	CCH-5CF3	8,0	V_{10} (20 °C) = 1,94 V
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{90} (20 °C) = 4,71 V
	CCP-3F.F.F	11,0	
10	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-20CF3.F	12,0	
	CCP-50CF3.F	6,0	
	CCP-40CF3	6,0	
	CCOC-4-3	8,0	
	CCG-(c3)m-F	10,0	

Beispiel 57

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-34	5,0	Übergang T (S,N) < -40,0 °C
	CC-5-V	6,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,5 °C
	CCH-3CF3	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0644
	CCH-5CF3	8,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +7,9
	CCP-2F.F.F	11,0	γ_1 (20 °C) = 124 m Pa s
	CCP-3F.F.F	12,0	V_{10} (20 °C) = 1,65 V
	CCP-5F.F.F	5,0	V_{90} (20 °C) = 4,06 V
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CCP-20CF3.F	10,5	
	CCP-40CF3	6,5	
	CCOC-4-3	4,0	
	CCOC-3-3	2,0	

Beispiel 58

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-3CF3	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +81,0 °C
	CCH-5CF3	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0655
	CCH-301	9,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +8,7
	CCP-2F.F.F	8,0	V ₁₀ (20 °C) = 1,56 V
	CCP-3F.F.F	13,0	V ₉₀ (20 °C) = 3,77 V
10	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	8,0	
	CCZU-5-F	5,0	
	CCP-30CF3.F	8,0	
15	CCP-50CF2.F.F	8,0	
	CDU-3-F	9,0	
	CCOC-3-3	5,0	
	CPCC-2-3	4,0	

Beispiel 59

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-3CF3	9,0	Übergang T (S,N) = < -30,0 °C
	CCH-5CF3	7,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-34	5,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0652
	CCP-2F.F.F	11,0	Δε (1 kHz, 20 °C) = +8,6
	CCP-3F.F.F	12,0	γ ₁ (20 °C) = 144 m Pa s
	CCP-5F.F.F	5,0	V ₁₀ (20 °C) = 1,58 V
	CCP-20CF3	4,0	V ₉₀ (20 °C) = 3,88 V
	CCP-30CF3	2,0	
	CCP-40CF3	7,0	
	CCP-20CF3.F	10,0	
30	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	15,0	
	CCZU-5-F	4,0	
	CCTTCC-5-5-5-5	4,0	
35			

Beispiel 60

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
5	CCH-34	6,0	Übergang T (S,N) = < -40,0 °C
	CCH-501	8,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-5CF3	8,0	Δn (589 nm, 20 °C) = +0,0656
	CCP-2F.F.F	11,0	$\Delta \epsilon$ (1 kHz, 20 °C) = +8,4
	CCP-3F.F.F	11,0	V_{10} (20 °C) = 1,57 V
	CCP-5F.F.F	6,0	V_{90} (20 °C) = 3,89 V
10	CCP-40CF3	8,0	
	CCP-20CF3.F	10,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
15	CHO-3CF3	6,0	

Beispiel 61

	Zusammensetzung	Konz./%	Eigenschaften
20	CCH-34	6,0	Übergang T (S,N) = < -40,0 °C
	CCH-501	10,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCH-5CF3	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = 0,0653
	CCP-2F.F.F	11,0	V_{10} (20 °C) = 1,41 V
	CCP-3F.F.F	11,0	V_{90} (20 °C) = 3,45 V
	CCP-5F.F.F	6,0	
	CCP-20CF3.F	8,0	
	CCZU-2-F	6,0	
	CCZU-3-F	14,0	
	CCZU-5-F	6,0	
25	DCZG-2-OT	4,0	
	DCZG-3-OT	4,0	
	DCZG-5-OT	4,0	
	CCOC-3-3	4,0	
30			
35			

Beispiel 62

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
5	CC-5-V	18,5	Klärpunkt T (N,I) = +70,0 °C
	CCH-303	6,0	Δn (589 nm, 20 °C) = 0,0650
	CCH-501	6,0	V_{10} (20 °C) = 1,56 V
	CCP-2F.F.F	12,0	V_{90} (20 °C) = 3,93 V
10	CCP-3F.F.F	13,0	
	CCP-5F.F.F	5,0	
	CCP-20CF2.F.F	10,0	
	CCP-30CF2.F.F	10,0	
	CCZU-2-F	5,0	
	CCZU-3-F	10,0	
15	PCH-7	4,5	

Beispiel 63

	Zusammensetzung	Konz.-%	Eigenschaften
20	CCH-301	11,5	Übergang T (S;N) = <-30,0 °C
	CCP-2F.F.F	10,0	Klärpunkt T (N,I) = +80,0 °C
	CCP-3F.F.F	13,0	Δn (589 nm, 20 °C) = 0,0653
	CCP-5F.F.F	5,0	γ_1 (20 °C) = 161 m Pa s
	CCZU-2-F	5,0	V_{10} (20 °C) = 1,54 V
	CCZU-3-F	16,0	V_{90} (20 °C) = 3,76 V
	CCZU-5-F	4,0	
	CCP-20CF2.F.F	5,0	
	CCP-30CF2.F.F	6,0	
25	CCP-50CF2.F.F	6,0	
	CH-33	3,0	
	CH-35	2,0	
	CH-43	2,5	
	CCH-3CF3	7,0	
30	CCH-5CF3	4,0	
35			

Abbildungen

Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements mit gekreuzten Polarisatoren.

5 Abbildung 1a zeigt die Anordnung der wesentlichsten Bestandteile der Schaltelemente der ersten bevorzugten Ausführungsform und den Strahlengang in Seitenansicht. Es bedeuten:

BL: Hintergrundbeleuchtung (back light),
 P: Polarisator, bzw. Analysator (Absorptionsrichtung),
 10 z: Normale zur Anzeigenoberfläche und
 n||: Vorzugsrichtung des Flüssigkristalldirektors in der Mitte der Schicht.

15 Abbildung 1b zeigt die Orientierung der relevanten Achsen in Aufsicht. Die Symbole aus Abbildung 1a werden auch hier verwendet, soweit sinnvoll.

Abbildung 2 zeigt die Definition der Betrachtungswinkel in der Ebene der Anzeige (Φ bzw. Φ') und senkrecht zum Lot (Θ).

20 Abbildung 3 zeigt die Transmission durch die in Abbildung 1 gezeigte Anordnung, wobei jedoch der Winkel des Polarisators zum 2. Polarisator Ψ_{PP} variiert wurde. Die Doppelbrechung betrug 276 nm.

25 Es ist sehr gut zu erkennen, daß im spannungsfreien Zustand bei parallelen Polarisatoren, also jeweils bei Winkeln Ψ_{PP} von 0° , 180° und 360° minimale Transmission auftritt und, daß diese minimale Transmission bis fast auf 0 % hinunter geht. Diese einander identischen Polarisationsstellungen entsprechen dem „normally black“ Modus. Bei gekreuzten Polarisatoren, also bei Winkeln Ψ_{PP} von 90° und 270° , die dem „normally white“ Modus entsprechen, tritt die maximale Transmission auf.

30 Abbildung 4 stellt exemplarisch die Transmissions-Spannungskennlinie eines erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelements im normally white mode nach Beispiel 1 dar. Die Parameter sind wie im Text angegeben. Es werden drei Kurven gezeigt. Die beiden übereinander liegenden Kurven sind Ergebnisse für zwei verschiedene Zellen, beide bei $\Theta = 0^\circ$. Sie zeigen

die gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Die dritte Kurve wurde unter $\Theta = 30^\circ$, $\Phi = -45^\circ$ erhalten. Sie zeigt den flacheren Anstieg bei einem größeren Blickwinkel Θ im besten Quadrant.

5 Die maximale Transmission im spannungsfreien Zustand beträgt ca. 45 %. Sie wird im wesentlichen von der Transmission der Polarisatoren bestimmt. Bei hohen Ansteuerspannungen von ca. 6 bis 7 V wird eine sehr geringe Transmission erreicht.

10 Abbildung 5 zeigt, ähnlich wie Abbildung 4 die Kennlinien eines Flüssigkristallschaltelelements, hier jedoch eines TN-Schaltelelement mit $d \cdot \Delta n$ von 0,5 μm (entsprechend dem 1. Minimum nach Gooch und Tarry) des Vergleichsbeispiels 1. Die beiden Kurven wurden an zwei Zellen, beide bei $\Theta = 0^\circ$ aufgenommen. Es ist deutlich die größere, ungünstigere Steilheit im Vergleich zur Abbildung 4 zu erkennen.

15

20 In Abbildung 6 ist im Vergleich die Kennlinie eines TN-Schaltelelement mit $d \cdot \Delta n$ von 0,50 μm und eines erfindungsgemäßen Schaltelements beide mit nahezu derselben kapazitiven Schwelle, auch Fréedericksz. Schwelle genannt, dargestellt. Die Kurven wurden unter Beobachtungswinkel von $\Theta = 10^\circ$, $\Phi = -45^\circ$ erhalten. Im direkten Vergleich mit diesem Flüssigkristallschaltelelement aus dem Stand der Technik fällt auf, daß bei nahezu unveränderter maximaler Transmission das erfindungsgemäße Schaltelement sowohl eine deutlich geringere Steilheit aufweist als das vergleichbare TN-Schaltelelement, als auch keinerlei Anzeichen von inversem Kontrast zeigt. Hierdurch eignet sich das erfindungsgemäße Schaltelement deutlich besser zur Darstellung von Graustufen und insbesondere von Farbstufen.

25

30 Abbildung 7 zeigt die Wellenlängenabhängigkeit der Transmission des erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelelements aus Beispiel 1 (durchgehende Kurven) im Vergleich zu der einer TN-Anzeige mit $d \cdot \Delta n = 0,5 \mu\text{m}$ aus Vergleichsbeispiel 1 (gestrichelte Kurven). Die drei Sätze von Kurven entsprechen den Ansteuerspannungen für 10, 50 und 90% relativem Kontrast. Es fällt auf, daß die spektrale Verteilung in beiden Schaltelementen nahezu identisch und annähernd farblos ist. Allenfalls eine geringfügige

35

Abnahme der integralen Transmission bei dem erfindungsgemäßen Element ist zu beobachten.

5 Abbildung 8 zeigt die Isokontransmissionskurven von zwei Flüssigkristallschaltelementen.

10 Abbildung 8a), zeigt die des Vergleichsbeispiels 1 und Abbildung 8b) die erfindungsgemäßen Flüssigkristallschaltelemente aus Beispiel 1. Hier wurde die Darstellung in Polarkoordinaten gewählt, wie in Abbildung 2 definiert. Die Transmission wird für jeden Punkt in der Halbkugel über dem Flüssigkristallschaltelement bei einer festen Ansteuerspannung die zu einer minimalen Transmission von 10% führt bestimmt. Punkte gleicher Transmission sind mit dem gleichen Grauton gekennzeichnet. Die Isotransmissionslinien sind in Abständen von jeweils 10% absolut gestaffelt. Der dunkelste Bereich entspricht einer Transmission von 0 bis 10 %, einschließlich, der nächste graue Bereich von 10 bis 20%, der hellgraue Bereich von 20 bis 30 % und so weiter. Die weiteren Bereiche sind nicht graugetönt.

15 20 In direkten Vergleich fällt die deutlich geringere Blickwinkelabhängigkeit der Transmission des erfindungsgemäßen Schaltelements deutlich ins Auge.

25 Abbildung 9 zeigt die Isokontrastkurven für drei verschiedenen Schaltelemente. Alle drei Sätze von Isokontrastkurven wurden für Ansteuerung mit zwei Spannungen die den beiden charakteristischen Spannungen V_{10} und V_{90} für das jeweilige Schaltelement entsprechen erhalten. Die Kurven verbinden Punkte gleichen Kontrastverhältnisses. Die Kontrastverhältnisse nehmen, angefangen mit der kürzesten geschlossenen Kurve, sukzessive nach außen hin ab.

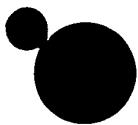
30 Abbildung 9a) zeigt die Ergebnisse für das erfindungsgemäße Schaltelement des Beispiels 1. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 7, 5, 3, 2 und 1.

Abbildung 9b) zeigt die Ergebnisse für das erfindungsgemäße Schaltelement des Beispiels 2. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für die selben Kontrastverhältnisse wie bei Abbildung 9a), wobei lediglich die letzte Kurve entfällt, also für 7, 5, 3 und 2.

Abbildung 9c) zeigt die Ergebnisse für das TN-Schaltelelement des Vergleichsbeispiels 1. Die einzelnen Kurven stehen von innen nach außen sukzessive für Kontrastverhältnisse von 10, 7, 5, 3, 2 und 1.

5

10



15

20

25

30

35

Patentansprüche

1. Flüssigkristallschaltelelement, umfassend eine Flüssigkristallschicht, die eine Ausgangsorientierung aufweist, dadurch charakterisiert, daß der
5 Flüssigkristalldirektor im wesentlichen parallel zu den Substraten und im wesentlichen unverdrillt orientiert ist, die Umorientierung durch ein elektrisches Feld hervorgerufen wird, das im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit negativer dielektrischer Anisotropie im wesentlichen parallel zu den Substraten und im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit positiver dielektrischer Anisotropie im wesentlichen senkrecht zu den Substraten orientiert
10 ist und die Flüssigkristallschicht eine optische Verzögerung $d \cdot \Delta n$ im Bereich von 0,05 μm bis 0,46 μm aufweist.
2. Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
15 daß die optische Verzögerung $d \cdot \Delta n$ der Flüssigkristallschicht im Bereich von 0,20 μm bis 0,36 μm liegt.
3. Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
20 daß die optische Verzögerung $d \cdot \Delta n$ der Flüssigkristallschicht im Bereich von 0,06 μm bis 0,36 μm liegt.
4. Flüssigkristallschaltelelement nach mindestens einem der Ansprüche 1
bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es eine doppelbrechende Schicht ent-
hält.
25
5. Flüssigkristallschaltelelement nach mindestens einem der Ansprüche 2
und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht eine $\lambda/4$ -Schicht ist.
- 30 6. Flüssigkristallschaltelelement nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die doppelbrechende Schicht eine $\lambda/2$ -Schicht ist.
7. Elektrooptische Flüssigkristalldarstellungseinrichtung, dadurch gekenn-
zeichnet, daß sie ein Flüssigkristallschaltelelement oder mehrere Flüssigkri-
35 stallschaltelelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6 enthält.

8. Elektrooptische Flüssigkristalldarstellungseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Vielzahl von Flüssigkristallschaltelementen enthält und diese in Matrixform angeordnet sind.
- 5 9. Elektrooptische Flüssigkristalldarstellungseinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkristallschaltelemente mittels einer Matrix von aktiven elektrischen Schaltelementen angesteuert wird.
- 10 10. Verwendung eines elektrooptischen Flüssigkristallschaltelements oder mehrerer elektrooptischer Flüssigkristallschaltelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6 in einer Flüssigkristalldarstellungseinrichtung.

15

20

25

30

35

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Flüssigkristallschaltelelement, umfassend eine Flüssigkristallschicht, die eine Ausgangsorientierung aufweist, bei der die Flüssigkristallmoleküle im wesentlichen parallel zu den Substraten und im wesentlichen parallel zueinander orientiert sind, in welcher die Umorientierung der Flüssigkristalle aus ihrer im wesentlichen zu den Substraten parallelen Ausgangsorientierung durch ein entsprechendes elektrisches Feld hervorgerufen wird, welches im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit negativer dielektrischer Anisotropie im wesentlichen parallel zu den Substraten und im Fall von Flüssigkristallmaterialien mit positiver dielektrischer Anisotropie im wesentlichen senkrecht zu den Substraten orientiert ist, wobei die Flüssigkristallschicht eine extrem niedrige optische Verzögerung $d \cdot \Delta n$ im Bereich von $0.06 \mu\text{m}$ bis $0.43 \mu\text{m}$, sowie Flüssigkristallanzeigesysteme enthaltend derartige Flüssigkristallschaltelemente.

20

25

30

35

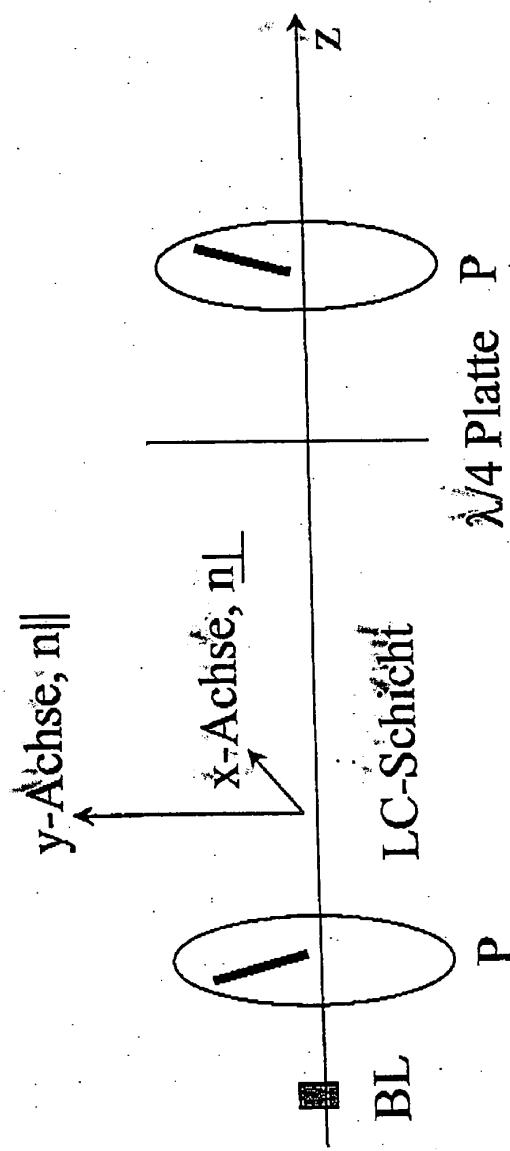
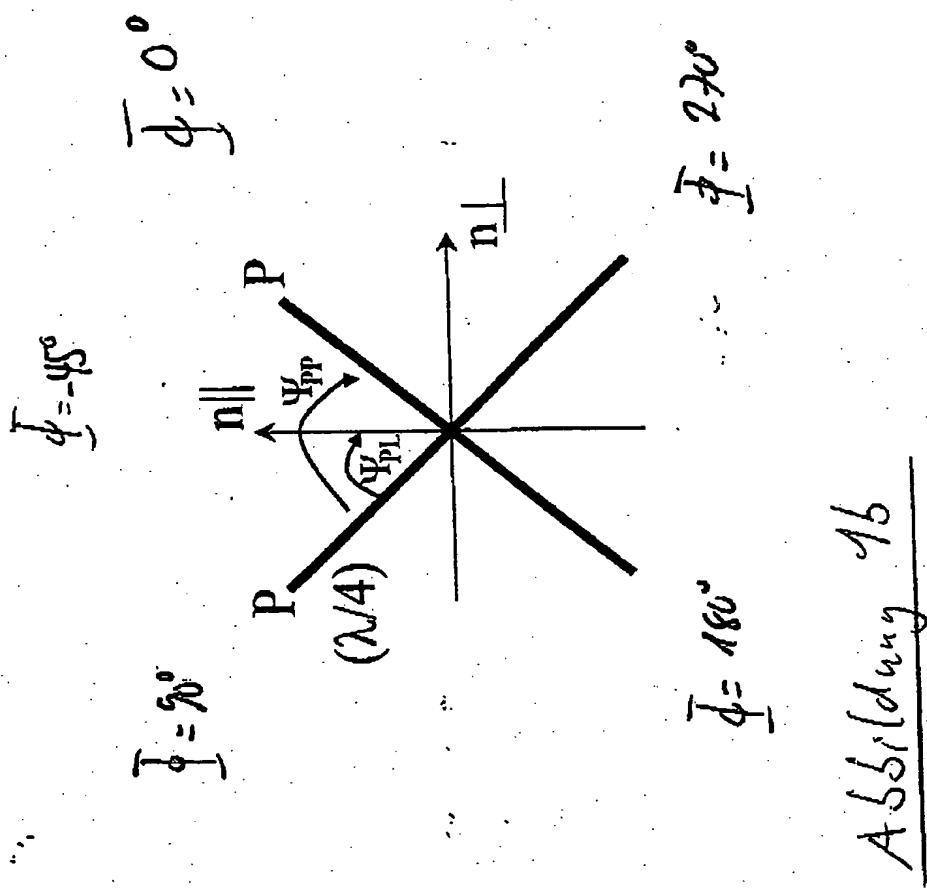


Abbildung 1 a

1/12



2/12

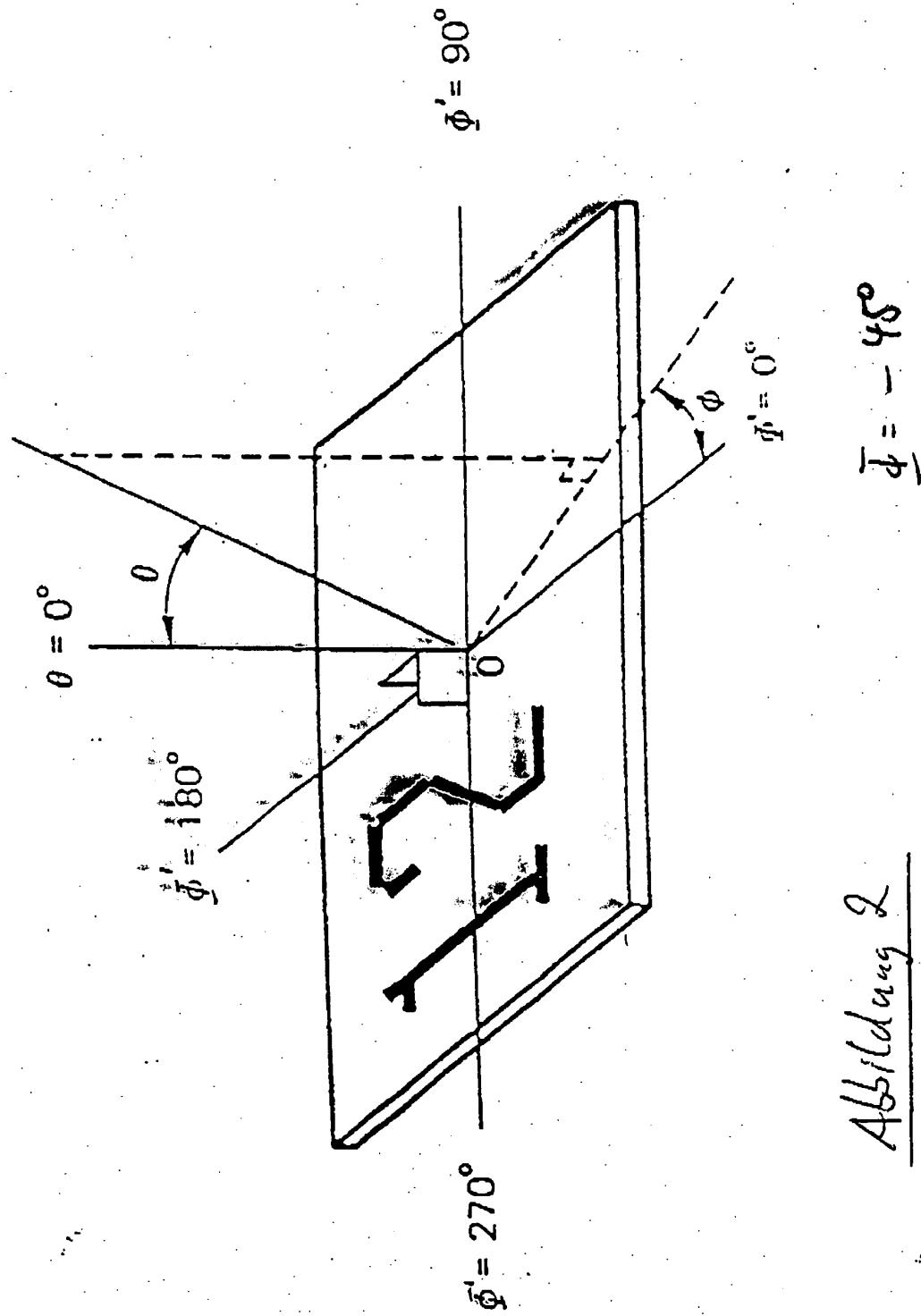


Abbildung 2

3/12

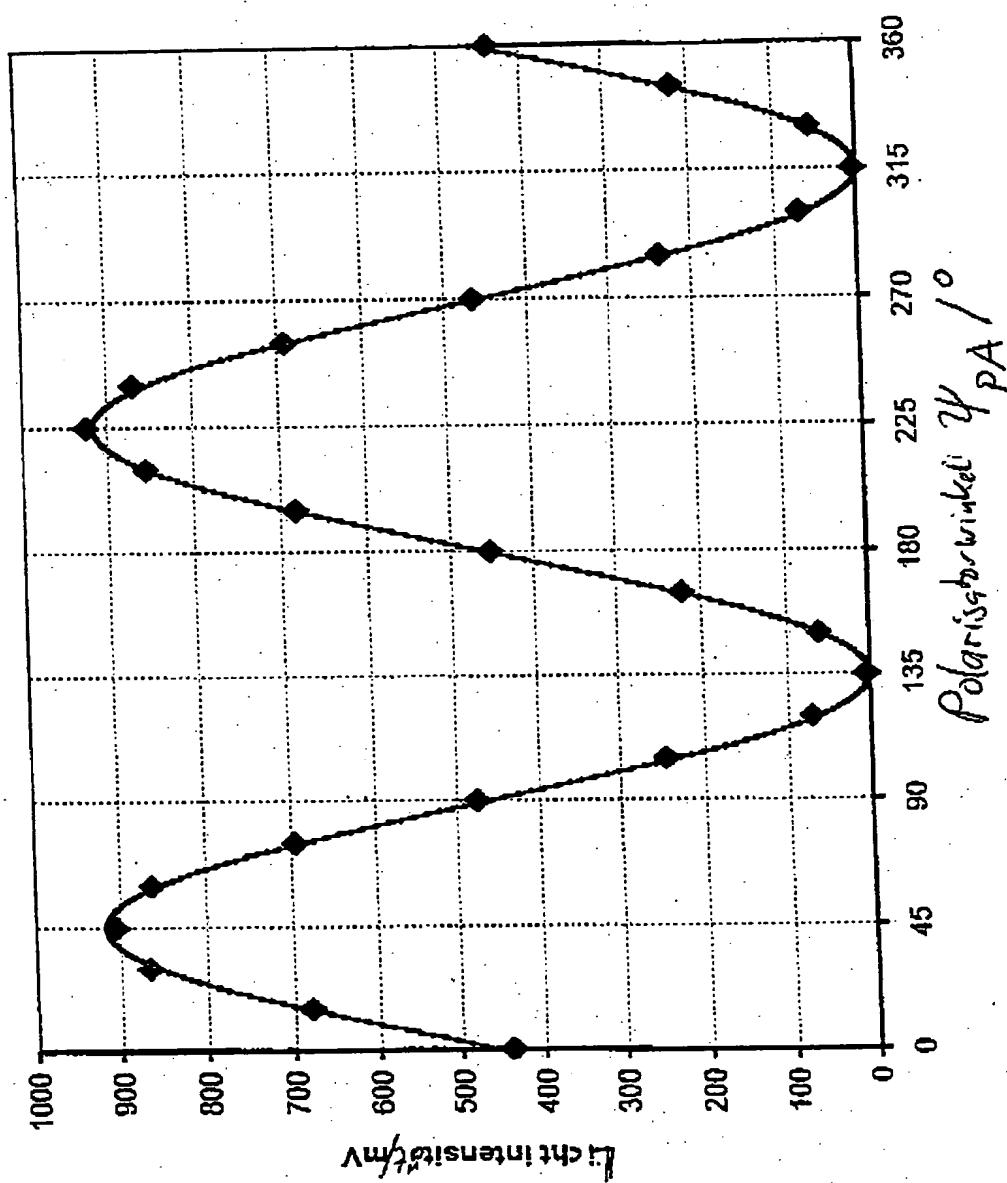
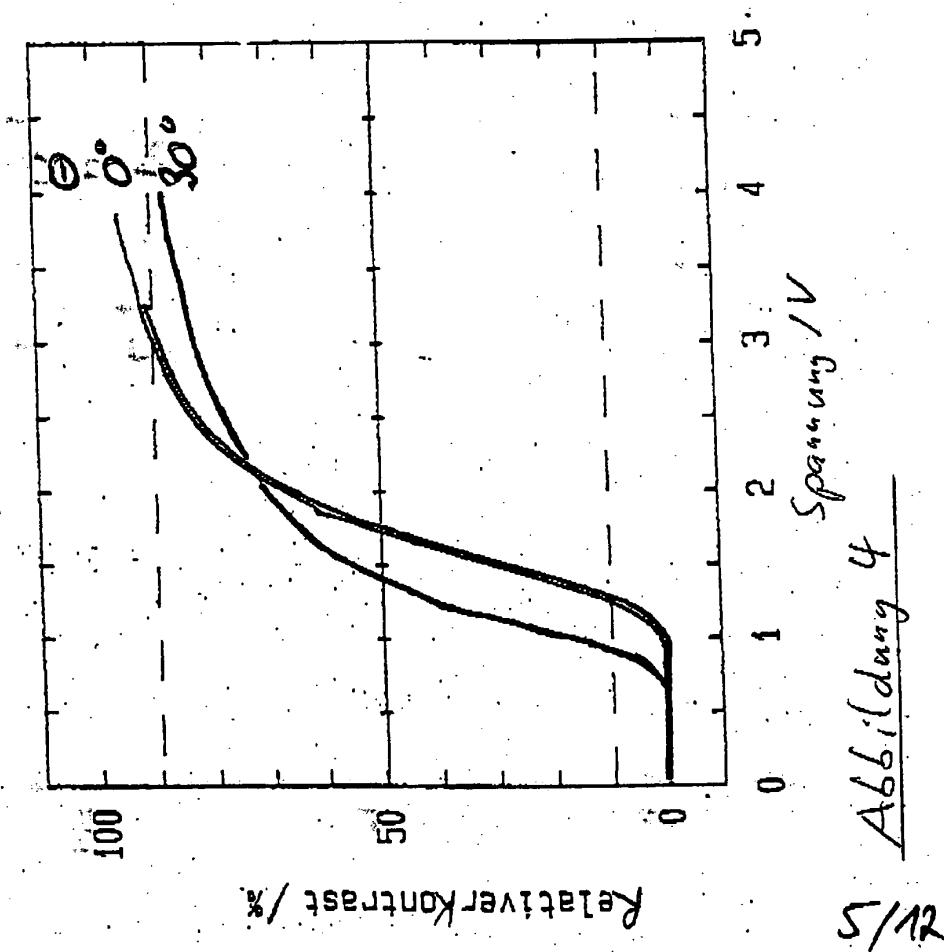


Abbildung 3

4/12



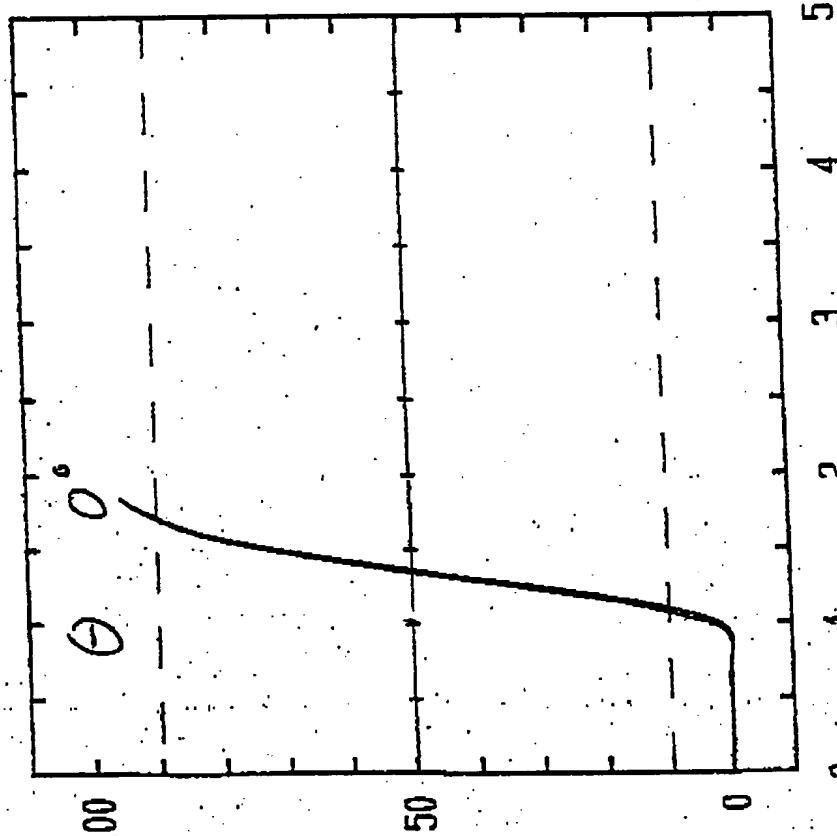
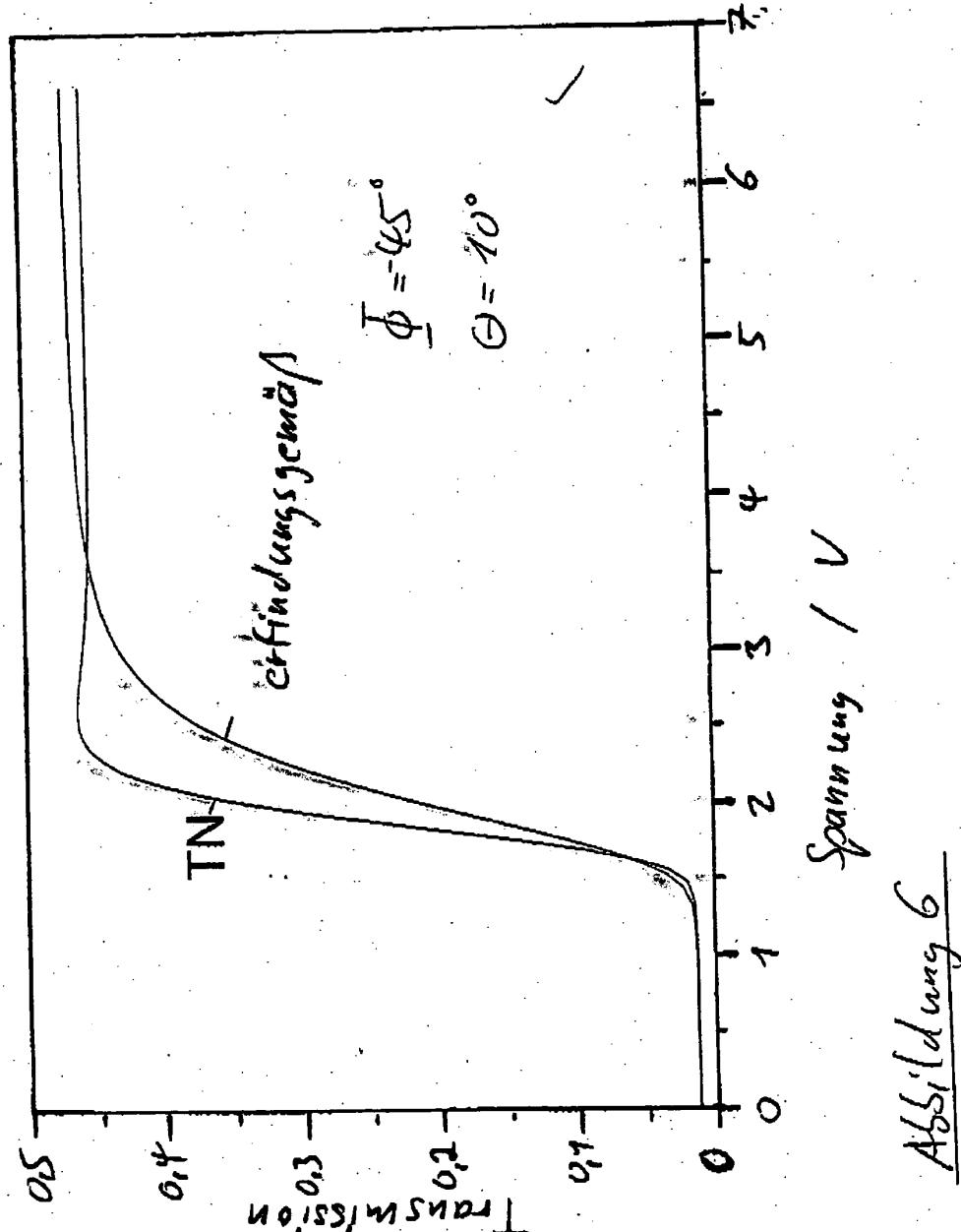
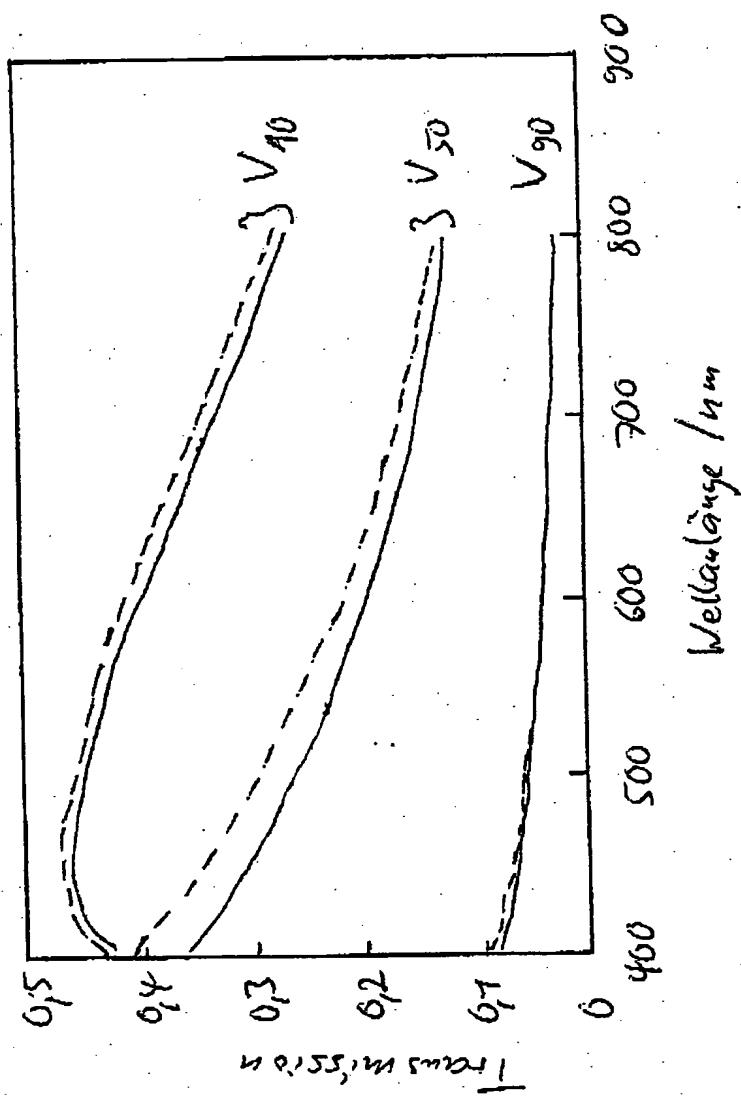


Abbildung 5

6/12



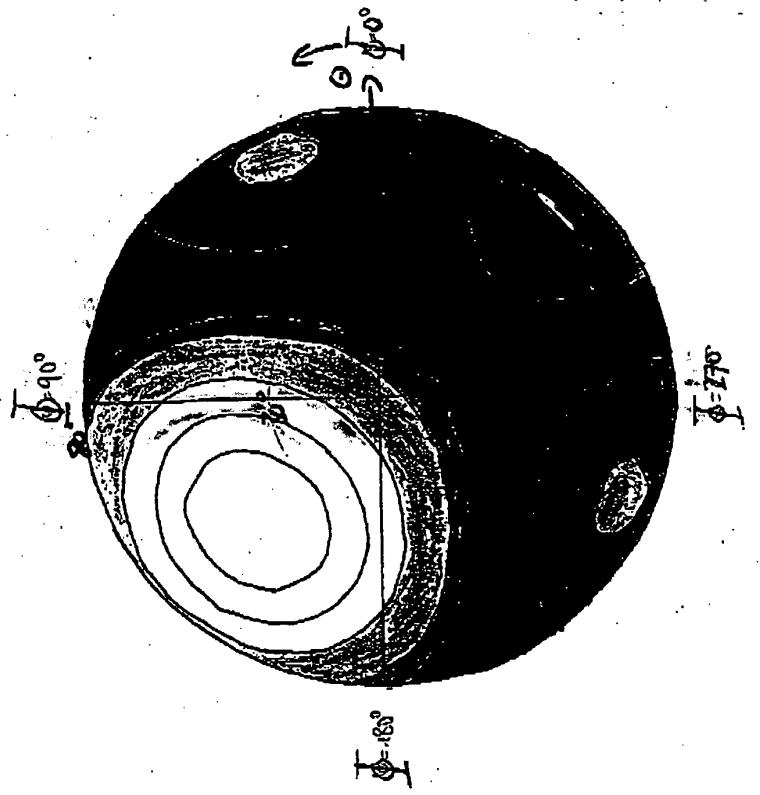
7/12



— TN
— erhöhtes gerichtetes

Abbildung 7

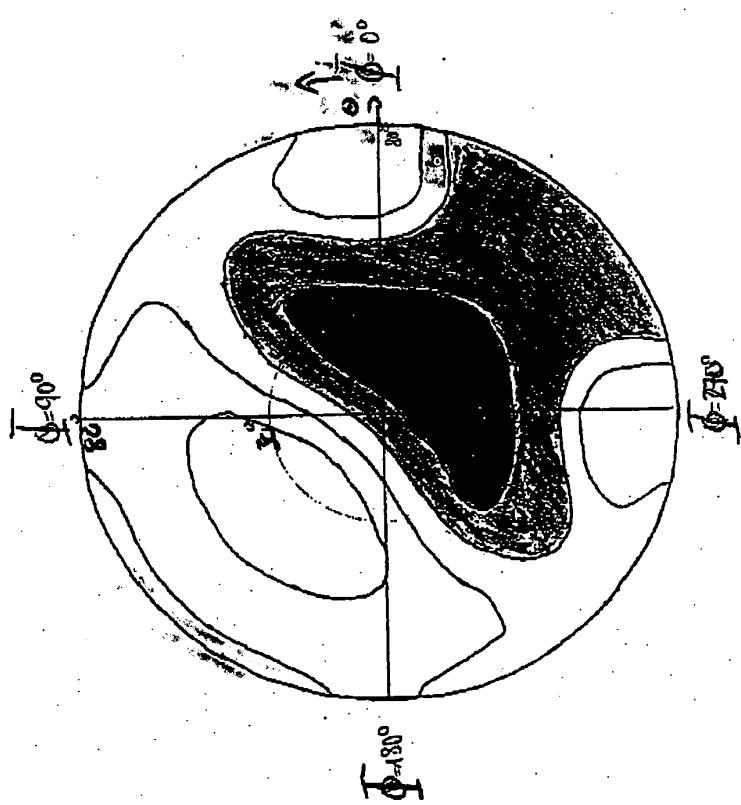
8112

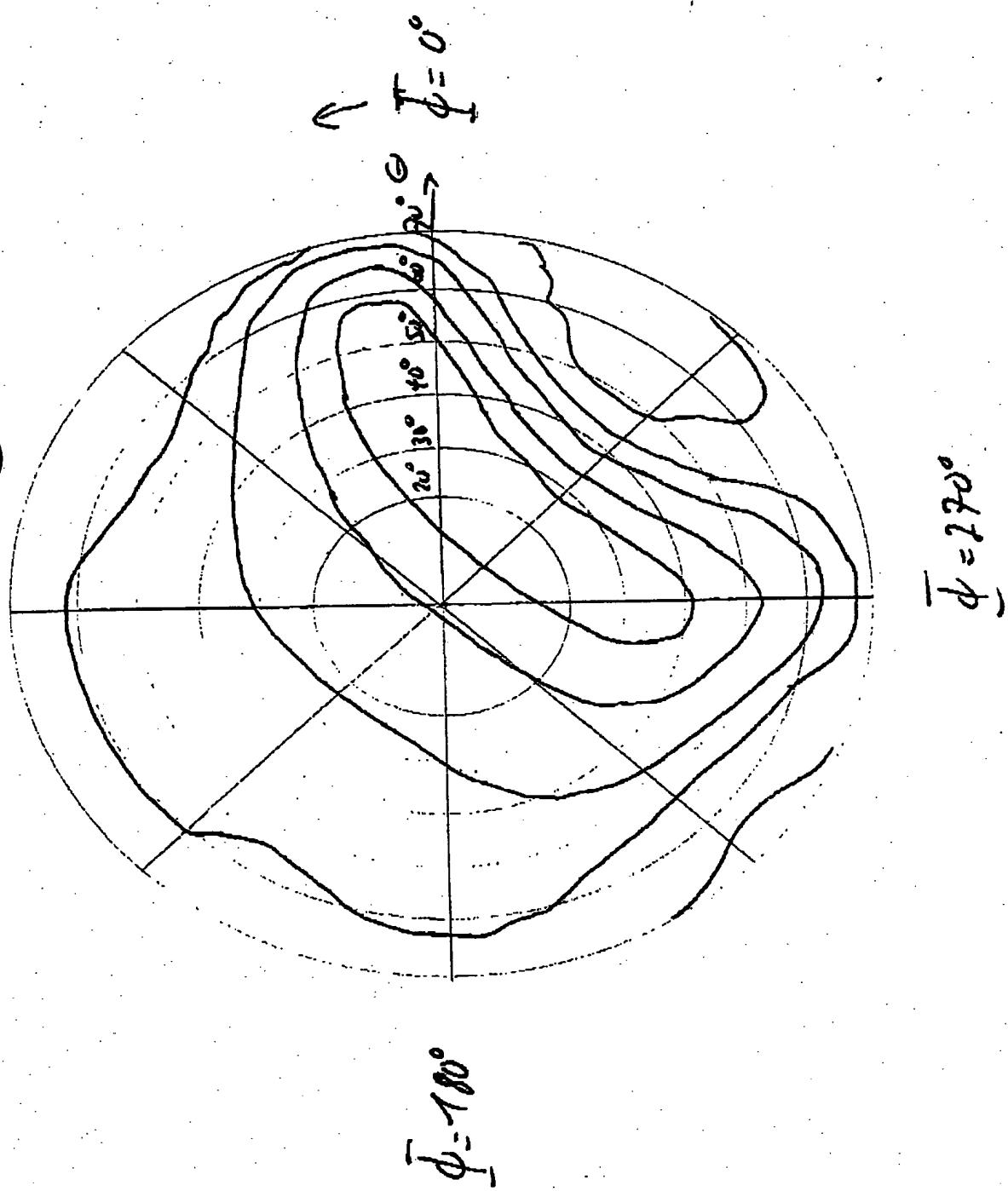


a) TN

Abbildung 8

9/12





10112

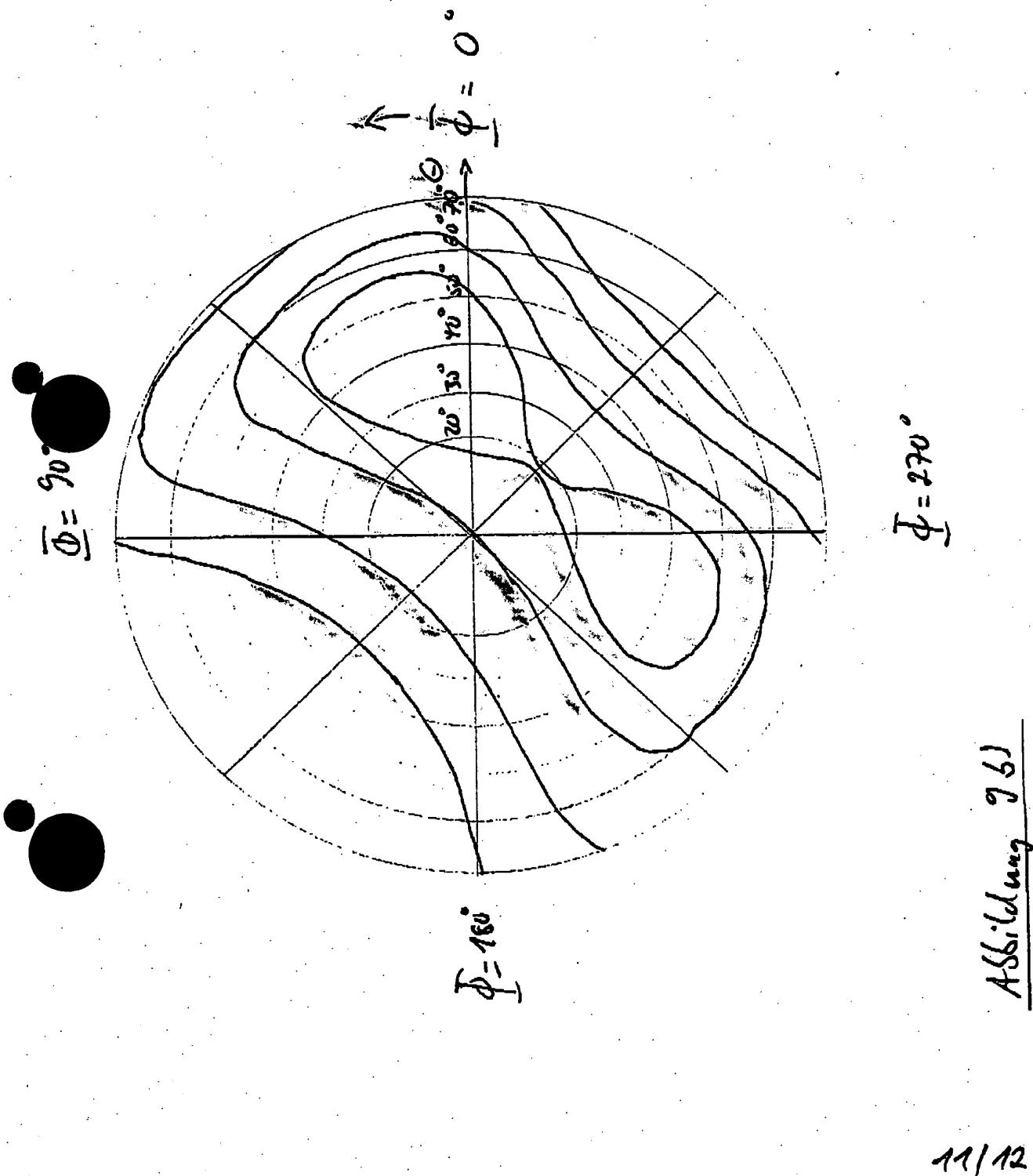
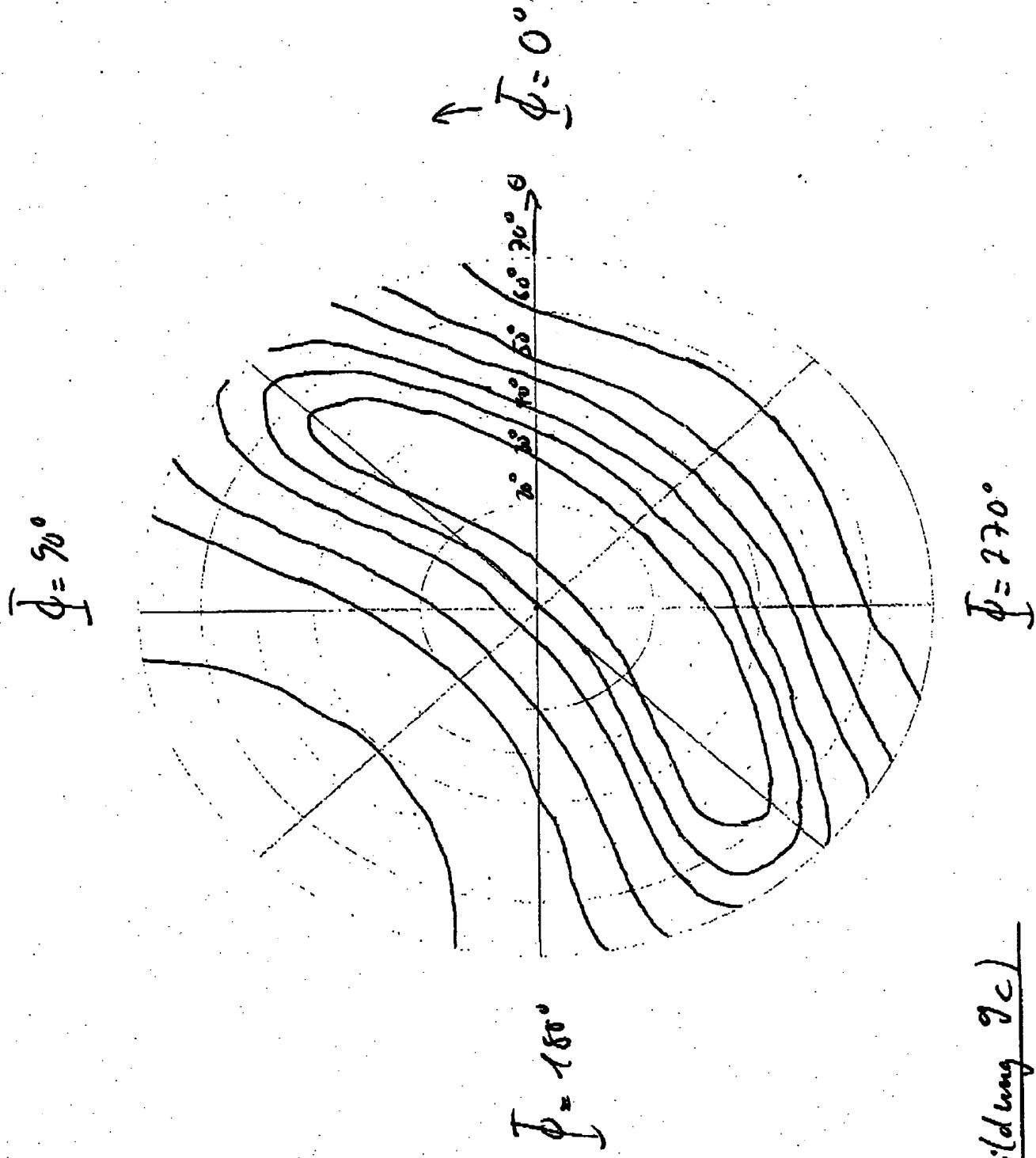


Abbildung 9.51

11/12



12/12

